



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL  
SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA,  
CARANQUI, IBARRA, ECUADOR”**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de:

Ingeniero Agropecuario

**AUTORES:**

Caicedo Delgado Wilmer Germán

Jijón Córdova Diego Efraín

**DIRECTOR:**

Ing. Carlos Cazco M. Sc.

Ibarra – Ecuador

2016

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL  
SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA,  
CARANQUI, IBARRA, ECUADOR”**

Tesis presentada por los Srs. Caicedo Delgado Wilmer Germán, Jijón Córdova Diego Efraín,  
como requisito previo para optar por el Título de Ingeniero Agropecuario. Luego de haber  
revisado minuciosamente, damos fe que las observaciones y sugerencias emitidas con  
anterioridad han sido incorporadas satisfactoriamente al presente documento.

**APROBADA:**

Ing. Carlos Cazco M.Sc.  
**DIRECTOR**



FIRMA

**Ibarra – Ecuador**

**2016**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL  
SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA,  
CARANQUI, IBARRA, ECUADOR”**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito  
parcial para obtener el Título de:

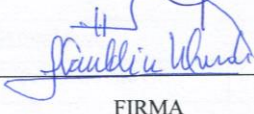
**INGENIERO AGROPECUARIO**

**APROBADA:**

Ing. Carlos Cazco M. Sc.  
**DIRECTOR**

  
FIRMA

Ing. Franklin Valverde M. Sc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

Ing. Andrea Tafur.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

Ing. Karina Albuja  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
FIRMA

Ibarra – Ecuador

2016

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>Cédula de identidad:</b>	040171312-8		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Caicedo Delgado Wilmer Germán		
<b>Dirección:</b>	Ibarra		
<b>Email:</b>	<a href="mailto:wilmer.caicedo@ymail.com">wilmer.caicedo@ymail.com</a>		
<b>Teléfono fijo:</b>	06-3010200	<b>Teléfono móvil:</b>	0994187915

DATOS DE CONTACTO			
<b>Cédula de identidad:</b>	100392774-4		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Jijón Córdova Diego Efraín		
<b>Dirección:</b>	Atuntaqui		
<b>Email:</b>	<a href="mailto:diegojijon@hotmail.com">diegojijon@hotmail.com</a>		
<b>Teléfono fijo:</b>	2-906-315	<b>Teléfono móvil:</b>	0985451090

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>Título:</b>	“Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L) variedad Superchola en el sistema aeropónico, en la Granja Experimental Yuyucocha, Caranqui, Ibarra, Ecuador”.
<b>Autores:</b>	Caicedo Delgado Wilmer Germán, Jijón Córdova Diego Efraín
<b>Fecha:</b>	04/ 07/ 2016
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Agropecuario
<b>Director:</b>	Ing. Carlos Cazco M. Sc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo Wilmer Germán Caicedo Delgado con cédula de identidad Nro. 040171312-8 y Diego Efraín Jijón Córdova con cédula de identidad Nro. 100392774-4; en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2016.

#### AUTORES:



Firma  
Caicedo Delgado Wilmer Germán

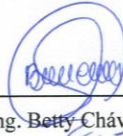
C.I.: 040171312-8



Firma  
Jijón Córdova Diego Efraín

C.I.: 100392774-4

#### ACEPTACIÓN:



Ing. Betty Chávez

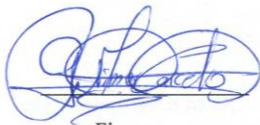
JEFE DE BIBLIOTECA

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo **Caicedo Delgado Wilmer Germán** con cédula de identidad Nro. 040171312-8 y **Jijón Córdova Diego Efraín** con cédula de identidad Nro. 100392774-4 manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado: **"INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL SISTEMA AEROPÓNICO, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CARANQUI, IBARRA, ECUADOR"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hagamos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2016.



Firma

Caicedo Delgado Wilmer Germán



Firma

Jijón Córdova Diego Efraín

C.I.: 040171312-8

C.I.: 100392774-4



## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 04 días del mes de Julio del 2016.

**CAICEDO DELGADO WILMER GERMÁN, JIJÓN CÓRDOVA DIEGO EFRAÍN.**

“Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad Superchola en el sistema aeropónico, en la Granja Experimental Yuyucocha, Caranqui, Ibarra, Ecuador” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario Universidad Técnica del Norte. Ibarra. EC 40 páginas y 2 Anexos.

**DIRECTOR:** Ing. Carlos Cazco M. Sc.

La presente investigación se orientó en generar información técnica científica sobre la Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad Superchola en el sistema aeropónico, en la Granja Experimental Yuyucocha, Caranqui, Ibarra, Ecuador”, con la finalidad de determinar la densidad óptima de siembra para la producción de semilla de papa variedad “Superchola” en el sistema aeropónico y de esta manera contribuir a la producción de semilla certificada.

Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2016.

Ing. Carlos Cazco M. Sc.

**DIRECTOR**

  
FIRMA

Caicedo Delgado Wilmer Germán

**AUTOR**

  
FIRMA

Jijón Córdova Diego Efraín

**AUTOR**

  
FIRMA



## **PRESENTACIÓN**

La responsabilidad del contenido de esta tesis de Grado, corresponde exclusivamente al autor; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, el presente trabajo de investigación contiene información sobre “Incidencia de la densidad de siembra en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad Superchola en el sistema aeropónico”.

La investigación se realizó con la finalidad de determinar la densidad óptima de siembra para la producción de semilla de papa variedad “Superchola” en el sistema aeropónico y como material de apoyo para futuras investigaciones.

**WILMER CAICEDO DELGADO.**

**DIEGO JIJÓN CÓRDOVA.**

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico:

*A Dios, a mis queridos padres Germán Caicedo, Clemencia Delgado y a mis segundos padres Jorge Meneses, Zoila Vaca que juntos me han otorgado el legado más grande que un hijo puede heredar el cual es la educación. Y por todo el esfuerzo y sacrificio que me brindaron durante mis estudios.*

*También a mis seres queridos que son lo más bello que Dios me ha otorgado, quienes me dieron la fuerza para seguir adelante y cumplir las metas propuestas cuando ingrese a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, para obtener el Título de Ingeniero Agropecuario.*

**WILMER CAICEDO DELGADO.**

El presente trabajo de investigación lo dedico:

*A mi Diosito que siempre me bendice, a mis padres María Virginia Córdova y Marco Efraín Jijón; quienes con su esfuerzo, amor y sacrificio me apoyaron para culminar mi carrera profesional.*

*A mis seres queridos que son lo más hermoso que Dios me ha regalado, quienes me dieron las fuerzas para seguir adelante y cumplir las metas que me he propuesto cuando ingrese a esta Facultad para obtener el título de Ingeniero Agropecuario.*

**DIEGO JIJÓN CÓRDOVA.**

## AGRADECIMIENTO

*En especial a Dios, por darme la sabiduría y fuerza necesaria para alcanzar este logro; a mis padres por su apoyo incondicional y sabios consejos.*

*A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas hacia el camino de la superación profesional, a cada uno de los y las docentes quienes compartieron sus conocimientos durante toda mi carrera superior.*

*Mi más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Cazco M.Sc, Director de este trabajo de investigación, al Ing. Byron Potosí miembro del Centro Internacional de la Papa "CIP" quién me aportó con sus conocimientos sobre el estudio realizado y asesores quienes me guiaron y colaboraron para que este trabajo sea posible.*

**WILMER CAICEDO DELGADO.**

*A mi Diosito que siempre me acompaña y a mi mamita querida quien siempre me apoya desde el cielo dándome las fuerzas para seguir adelante. A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, quien me abrió las puertas para continuar con mis estudios superiores. A cada uno de los docentes quienes compartieron sus conocimientos durante toda mi carrera estudiantil.*

*Mi más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Cazco M.Sc, Director de este trabajo de investigación, al Ing. Byron Potosí e Ingenieros asesores, quienes me guiaron y colaboraron para que este trabajo sea posible. Al Centro Internacional de la Papa "CIP" y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias "INIA" quienes me colaboraron con sus conocimientos, para realizar este trabajo de investigación.*

**DIEGO JIJÓN Córdova**

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	xii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xx
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Semilla.....	4
2.1.1. Métodos de producción de papa-semilla. ....	5
2.2. Aeroponía.....	7
2.2.1. Ventajas del sistema aeropónico. ....	8
2.2.2. Desventajas del sistema aeropónico.....	9
2.3. Densidades de siembra en aeroponía. ....	9
2.4. Condiciones de infraestructura.....	10
2.4.1. Condiciones de manejo sanitario.....	11
2.4.2. Reglas de asepsia.....	11
2.4.3. Manejo fitosanitario.....	12
2.4.4. Manejo del clima interno. ....	12
2.5. Plantas.....	13
2.6. Origen de la Variedad “Superchola”. ....	13
2.6.1. Taxonomía.....	14
2.6.2. Características Morfológicas. ....	14
2.6.3. Características agronómicas.....	15
2.6.4. Reacción a Enfermedades.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Descripción del área de estudio.....	16
3.2. Materiales y equipos. ....	17
3.2.1. Materiales del invernadero.....	17
3.2.2. Materiales de los módulos aeropónicos. ....	17
3.2.3. Materiales del equipo de riego. ....	17
3.2.4. Materiales de ventilación y enfriamiento. ....	18

3.2.5.	<i>Materiales de uso en el invernadero.</i>	18
3.2.6.	<i>Material experimental y equipos.</i>	18
3.2.7.	<i>Insumos Agrícolas.</i>	19
3.2.8.	<i>Materiales de oficina.</i>	19
3.3.	<i>Métodos.</i>	19
3.3.1.	<i>Factor en estudio.</i>	19
3.3.2.	<i>Diseño experimental.</i>	20
3.3.3.	<i>Características del experimento.</i>	20
3.3.4.	<i>Descripción del ensayo en el invernadero.</i>	20
3.3.5.	<i>Análisis estadístico.</i>	21
3.3.6.	<i>Análisis funcional.</i>	21
3.4.	<i>Variables evaluadas.</i>	21
3.4.1.	<i>Altura de planta.</i>	21
3.4.2.	<i>Días a la floración.</i>	21
3.4.3.	<i>Días a la presencia de tubérculos.</i>	22
3.4.4.	<i>Número de tubérculos semilla por planta.</i>	22
3.4.5.	<i>Número de tubérculos semilla por superficie.</i>	22
3.4.6.	<i>Peso total de tubérculos.</i>	22
3.4.8.	<i>Clasificación de tubérculos.</i>	23
3.5.	<i>Manejo específico del experimento.</i>	23
3.5.1.	<i>Toma de muestras de agua potable de la granja experimental Yuyucocha.</i>	23
3.5.2.	<i>Limpieza externa del invernadero.</i>	23
3.5.3.	<i>Construcción y preparación de cajones aeropónicos.</i>	23
3.5.4.	<i>Adecuaciones en el invernadero.</i>	24
3.5.5.	<i>Preparación de vitro plantas en el laboratorio de biotecnología del INIAP.</i>	24
3.5.6.	<i>Sistema de ferti-riego.</i>	25
3.5.7.	<i>Pruebas de filtración en cajones aeropónicos.</i>	25
3.5.8.	<i>Regulación del timer.</i>	25
3.5.9.	<i>Adquisición de materiales y equipos.</i>	25
3.5.10.	<i>Capacitación en los procesos aeropónicos en el Centro Internacional de la Papa-CIP.</i>	25

3.5.11.	<i>Capacitación en lavado de vitro plantas en el laboratorio de biotecnología del INIAP.</i>	25
3.5.12.	<i>Siembra de Vitro plantas en cajones aeropónicos.</i>	26
3.5.13.	<i>Preparación de solución nutritiva.</i>	26
3.5.14.	<i>Cubrimiento de vitro plantas sembradas.</i>	27
3.5.17.	<i>Poda de plantas.</i>	28
3.5.18.	<i>Controles fitosanitarios de plagas y enfermedades.</i>	28
3.5.19.	<i>Cosecha de tubérculos.</i>	28
3.5.20.	<i>Clasificación de tubérculos.</i>	28
3.5.21.	<i>Almacenamiento.</i>	29
CAPITULO IV		30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	<i>Altura de planta.</i>	30
4.2.	<i>Días a la floración.</i>	32
4.3.	<i>Días a la presencia de tubérculos.</i>	33
4.4.	<i>Número de tubérculos semilla por planta.</i>	34
4.5.	<i>Número de mini tubérculos semilla por superficie.</i>	36
4.6.	<i>Peso total de tubérculos por planta.</i>	37
4.7.	<i>Peso total de tubérculos por superficie.</i>	38
4.8.	<i>Clasificación de tubérculos.</i>	40
CAPITULO V		42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		42
CONCLUSIONES.		42
RECOMENDACIONES.		43
BIBLIOGRAFÍA		44
ANEXOS		47
FOTOGRAFÍAS		52



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de clasificación de mini tubérculos. ....	6
Tabla 2. Esquema del ADEVA.....	21
Tabla 3. Escala de clasificación de mini tubérculos. ....	23
Tabla 4. Concentración y fuentes de nutrientes para la solución nutritiva final en el cultivo de papa bajo aeroponía. ....	26
Tabla 5. Análisis de Varianza para altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Yuyucocha - Imbabura 2015.....	31
Tabla 6. Promedio de altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Yuyucocha - Imbabura 2015.....	31
Tabla 7. Análisis de Varianza para días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.....	32
Tabla 8. Promedio de días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015. ....	32
Tabla 9. Análisis de Varianza para días a la presencia de tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015. ....	34
Tabla 10. Promedio de días a la presencia de tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.....	34
Tabla 11. Análisis de Varianza para número de mini tubérculos/planta de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	35
Tabla 12. Promedio de número de mini tubérculos de papa v-superchola por planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	35
Tabla 13. Análisis de Varianza para número de mini tubérculos de papa v-superchola por m <sup>2</sup> , en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	36
Tabla 14. Número de mini tubérculos de papa v-superchola por m <sup>2</sup> , en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	37
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para número de mini tubérculos de papa v-superchola por m <sup>2</sup> , en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015. ....	37
Tabla 16. Promedio de rendimiento total de mini tubérculos/planta en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	37
Tabla 17. Análisis de varianza para rendimiento total de mini tubérculos/planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	38
Tabla 18. Promedio de rendimiento total de mini tubérculos/m <sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	38
Tabla 19. Análisis de varianza para rendimiento total de mini tubérculos/m <sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015. ....	39
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento total de mini tubérculos/m <sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015. ....	39
Tabla 21. Clasificación de mini tubérculos/planta de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015. ....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Obtención de la variedad superchola. ....	14
Figura 2. Ciclo de vida de papa variedad superchola en aeroponía. Ibarra, 2015. ....	33

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. INIAP-Santa Catalina.....	52
Foto 2. CIP.....	52
Foto 3. Manejo de sistema aeropónico .....	52
Foto 4. Manejo de sistema aeropónico .....	53
Foto 5. Ingreso al laboratorio – CIP .....	53
Foto 6. Lavado de vitro plantas – CIP.....	53
Foto 7. Adecuación del invernadero.....	54
Foto 8. Instalación del saran .....	54
Foto 9. Instalación del sistema de riego .....	54
Foto 10. Pruebas del sistema de riego .....	55
Foto 11. Pruebas de aires acondicionados .....	55
Foto 12. Sincronización del timer.....	55
Foto 13. Limpieza de módulos aeropónicos .....	56
Foto 14. Control de temperatura.....	56
Foto 15. Riego para mantener la HR .....	56
Foto 16. Desinfección del invernadero.....	57
Foto 17. Entrega de Vitro plantas .....	57
Foto 18. Lavado de Vitro plantas .....	57
Foto 19. Lavado de Vitro plantas .....	58
Foto 20. Lavado de Vitro plantas .....	58
Foto 21. Trasplante de Vitro plantas .....	58
Foto 22. Vasos para micro clima .....	59
Foto 23. Trasplante de Vitro plantas .....	59
Foto 24. Trasplante de Vitro plantas .....	59
Foto 25. Preparación de solución inicial .....	60
Foto 26. Micro elementos.....	60
Foto 27. Macro elementos .....	60
Foto 28. Medición de pH.....	61
Foto 29. Control de presión .....	61
Foto 30. Poda de Vitro plantas .....	61
Foto 31. Desinfección de materiales.....	62
Foto 32. Malla totora .....	62
Foto 33. Segundo piso de malla totora .....	62
Foto 34. Vitro plantas en estado de poda.....	63
Foto 35. Vitro plantas con segunda poda .....	63
Foto 36. Quinto piso de malla totora .....	63
Foto 37. Presencia de floración .....	64

Foto 38. Presencia de floración .....	64
Foto 39. Mayor número de plantas en Floración.....	64
Foto 40. Floración completa.....	65
Foto 41. Aplicación de insecticida .....	65
Foto 42. Desinfección de suelo y paredes .....	65
Foto 43. Presencia de tubérculos .....	66
Foto 44. Tuberización completa .....	66
Foto 45. Tubérculos listos para la cosecha .....	66
Foto 46. Cosecha de tubérculos.....	67
Foto 47. Cosecha de densidades .....	67
Foto 48. Lavado y desinfección.....	67
Foto 49. Marchites del follaje.....	68
Foto 50. Fin de tuberización .....	68
Foto 51. Clasificación de mini tubérculos .....	69
Foto 52. Clasificación por tamaño y peso .....	69
Foto 53. Almacenamiento en cuarto frio .....	69
Foto 54. Almacenamiento en canastos .....	70
Foto 55. Visita del Dr. Bolívar Batallas (Decano) de la FICAYA. ....	70
Foto 56. Visita del CIP-INIAP .....	71
Foto 57. Visita del Diario “LIDER” .....	71
Foto 58. Visita del Diario “El Norte” .....	71
Foto 59. Charlas de aeroponía .....	72
Foto 60. Congreso de la Papa .....	72

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio .....	48
Anexo 2. Análisis de agua .....	49
Anexo 3. Altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.....	50
Anexo 4. Días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.....	50
Anexo 5. Días a la presencia de mini tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.....	50
Anexo 6. Número de mini tubérculos de papa v-superchola por planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	50
Anexo 7. Número de mini tubérculos de papa v-superchola por superficie, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	51
Anexo 8. Rendimiento total de mini tubérculos/planta en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	51
Anexo 9. Rendimiento total de mini tubérculos/m <sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.....	51

## RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo rentable, pero la mayoría de agricultores no usan semilla de calidad por altos costos y limitado acceso. Ante esta situación, se realizó esta investigación con los objetivos de evaluar densidades de siembra en la producción de papa semilla en el sistema aeropónico. Para este fin, en la Granja Experimental Yuyucocha (Caranqui-Imbabura) se construyó el sistema aeropónico en un invernadero. Las variables se evaluaron con un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La temperatura en el invernadero en promedio fue de 26° C; la humedad relativa fluctuó entre 70 y 80%; se consiguió el 84% de sobrevivencia de las *vitro plantas*; el ferti-riego fue de 12 segundos cada 15 minutos de la solución nutritiva y sus cambios cada 5 y 3 días; la altura máxima de las plantas fue de 187,96 cm; a los 110 días del trasplante de las *vitro plantas* se alcanzó la primera floración, a los 126 días la formación de mini tubérculos y entre los 155 a 235 días se cosecharon mini tubérculos de 5 a 12 g. La densidad de siembra de 12 plantas/m<sup>2</sup>, consiguió 119 mini tubérculos/planta, seguido por las densidades de 10 y 20 plantas/m<sup>2</sup> con 108 y 93 mini tubérculos/planta. Mientras que por superficie la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup>, consiguió 1855 mini tubérculos/ m<sup>2</sup>, seguida de la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> con 1428 mini tubérculos/ m<sup>2</sup> y de 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 1073 mini tubérculos/ m<sup>2</sup>, respectivamente. El mayor número de mini tubérculos tuvieron un tamaño entre (1.5 a 1.7) cm, con pesos de 2 a 5 g, seguido del tamaño (1.8 a 2.5) cm, y pesos de 5 a 10 g. En el peso total de los mini tubérculos por superficie, se detectaron diferencias en las densidades de siembra, obteniéndose con la densidad 20 plantas/m<sup>2</sup> con 6,60 kg/m<sup>2</sup>, seguido por la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup>, con 5,52 kg/m<sup>2</sup> y de 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 4,30 kg/m<sup>2</sup>.

### Palabras claves

Aeroponía, vitro plantas, mini tubérculos.

## Glosario

- Aeroponía: sistema de producción de plantas con raíces suspendidas en el aire.
- Vitro plantas: plántulas sanas bajo condiciones de asepsia en medios nutritivos con sacarosa y mano de obra calificada.
- Mini tubérculos: es una fase intermedio de producción de semilla de papa entre la micropropagación de laboratorio y la multiplicación de campo.
- Poda: corte de ramas o ramillas en plantas.
- Malla totora: malla de polietileno con aberturas de 15 centímetros.
- Tutorado: labor de soporte de tallos, ramas, hojas de plantas.
- Pomina: sustrato de color blanco e inerte.
- Sarán: malla de polietileno de color negro o verde con orificios de 1 centímetro.
- Timer: regulador de frecuencias de riego automático y eléctrico.
- Ferti-riego: sistema de riego de agua con fertilizantes como solución.
- SN: Solución Nutritiva.
- cm: centímetros.
- m: metros.
- g: gramos.
- CIP: Centro Internacional de la papa.
- INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- UTN: Universidad Técnica del Norte.
- MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

## ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is a profitable crop, but most farmers do not use quality seed by high costs and limited access. In this situation, this research was to evaluate the objectives densities in seed potato production in study of aeroponic system. To this end, in the Experimental Farm Yuyucocha (Caranqui- Imbabura) aeroponic system was built in the greenhouse. The variables were evaluated with experimental design randomized complete block with four replications. The temperature in the greenhouse averaged 26°C; relative humidity ranged from 70 to 80%; was achieved 84% survival of the vitro plants; The ferti-irrigation was 12 seconds every 15 minutes from the nutrient solution and its changes every 5 and 3 days; The plant height was 190 cm; at 110 days after transplantation of the first flowering *plants vitro*, at 126 days was reached training mini tubers and between 155-235 day mini tubers were harvested 5 to 12 g. Planting density of 12 plants/m<sup>2</sup>, got 119 mini tubers/plant, followed by the densities of 10 and 20 plants/ m<sup>2</sup>, with 108 and 93 mini tubers/plant. While on the surface planting density of 20 plants/ m<sup>2</sup>, it managed 1855 mini tubers/ m<sup>2</sup>, followed by the density of 12 plants/ m<sup>2</sup> with 1428 mini tubers/ m<sup>2</sup> and 10 plants/ m<sup>2</sup>, with 1073 mini tubers/ m<sup>2</sup>, respectively. The largest number of mini tubers had size between (1.5 to 1.7) cm, weighing 2 to 5 g, followed by size (1.8 to 2.5) cm, and weights of 5 to 10 g. In the total weight of the mini tubers per surface, differences were detected in planting densities, obtained with density 20 plants/ m<sup>2</sup>, with 6.60 kg/ m<sup>2</sup>, followed by the density of 12 plants/ m<sup>2</sup>, 5.52 kg/ m<sup>2</sup> and 10 plants/ m<sup>2</sup>, 4.30 kg/ m<sup>2</sup>.

### Keywords

Aeroponics, vitro plants, mini tubers.



## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) para la producción de semilla es un cultivo muy rentable que al mismo tiempo requiere una inversión considerable (Uribe, 2012).

En el país se requieren alrededor de 60.000 quintales de semilla, y que el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) solo entrega el 3% del insumo registrado, por lo que los agricultores se ven obligados a reutilizar la semilla que ellos mismo producen (Montesdeoca, 2005).

Actualmente, la papa es uno de los alimentos más consumidos por la población americana y europea, ocupando el cuarto lugar en el mundo en volumen de producción de alimentos, después del trigo, arroz y maíz (Velásquez, 1998).

De acuerdo a Uribe (2012), la demanda de este tubérculo es significativo por lo que el país importa grandes cantidades de papa extranjera, a pesar de ello las necesidades de este tubérculo en los últimos años se han incrementado, por lo que instituciones de investigación han tenido que trabajar y ofrecer nuevas alternativas, para poder solventar de una u otra manera la utilización de semilla de calidad, mediante nuevos sistemas de producción. Y viendo esta necesidad se planteó la presente investigación que trata sobre la “Evaluación de la densidad de siembra en el cultivo de papa variedad “*superchola*” bajo el sistema aeropónico”.

Los resultados obtenidos por el INIAP demostraron que el uso de semilla certificada es muy bajo. Esto se origina principalmente por la falta de capacitación de los productores y oferta de semillas de calidad y la poca inversión del estado que limita la variabilidad de papa semilla en los centros de investigación. En la superficie analizada por el INIAP se observó un índice de utilización de semilla certificada inferior 1,5% (Hidalgo , 2012).

La producción de semilla en el sistema formal pasa por varias multiplicaciones produciendo diferentes categorías. La semilla prebásica, producida en laboratorio o en

invernaderos, es usada para producir semilla básica en campo. La semilla básica es usada para producir semilla registrada y esta a su vez para producir semilla certificada. Cada multiplicación en campo está sujeta a inspecciones por parte de fiscalizadores de la dirección de Agro Calidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), para garantizar que cumpla con la calidad estipulada. Las primeras categorías generalmente son producidas por el INIAP y las últimas por agricultores particulares legalmente registrados en el MAGAP como multiplicadores semilleristas (CIP, 1997).

De acuerdo a la información técnica del CIP e INIAP, en la actualidad se cuenta con una nueva tecnología de producción de semilla de papa, innovación agrícola que se está probando y evaluando en diferentes lugares del país, con el fin de hacer uso del mismo en la producción de semilla de papa de calidad.

Refiriéndose al sistema aeropónico para la producción de papa a gran escala en el ámbito internacional, menciona que estos sistemas de cultivo sin suelo (aeroponía e hidroponía) son una clara alternativa a los cultivos tradicionales, ya que son más sostenibles y tienen mayores rendimientos (CIP., 2010).

Al hablar sobre la producción de semilla de papa en este país, especialmente en la Sierra y Costa, la aeroponía es una nueva técnica para producir semilla prebásica de papa y que está siendo estudiada por el CIP, con el fin de mejorar y abaratar el costo de producción a largo plazo de los tubérculos-semilla. Con esta técnica se evita además desinfectar el suelo usando sustancias químicas que han sido prohibidas en el mundo entero por haberse demostrado que afecta al agroecosistema (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

La semilla prebásica de papa se produce a partir de material de alta calidad (material en tubos de ensayo o tuberculillos libres de enfermedades) en invernaderos; el sistema aeropónico no es otra cosa que el desarrollo de cultivos en suspensión aérea, es decir sin suelo y tampoco sumergidos en sustratos líquidos como en el caso de la hidroponía (CIP., 2010).

Las raíces de las plantas cultivadas mediante aeroponía crecen libres como el viento rodeadas de una niebla nutritiva que para el caso de las papas nativas resulta más que una

bendición, pues permite una reproducción diez veces superior a la tradicional siembra en surco; de ahí el nombre del sistema. Las raíces crecen en la parte interna de los cajones, los cuales se cubren con plástico negro para que no reciban luz, y son rociados con soluciones nutritivas para promover la formación de tubérculos en forma aérea. Así se forman libres de enfermedades, produciendo hasta diez veces más que con las técnicas convencionales (CIP, 1997).

En este contexto se estableció la investigación que tiene como finalidad la implantación del sistema aeropónico para la producción a gran escala de la primera generación de papa semilla, con la cual se planteó como objetivo general: “Evaluar densidades de siembra en el cultivo de papa variedad “*superchola*” bajo el sistema aeropónico en la Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura”; y como objetivos específicos:

- Identificar la densidad óptima, para la producción de tubérculos semilla categoría prebásica en el sistema aeropónico.
- Determinar el número de tubérculos semilla por planta mediante el sistema aeropónico.
- Determinar el rendimiento total y por categorías de semilla prebásica en el sistema aeropónico.

Al mismo tiempo se propuso las siguientes hipótesis:

Ha: la densidad de siembra en el cultivo de papa variedad “*superchola*” mejora los rendimientos de producción de semilla prebásica en el sistema aeropónico.

Ho: la densidad de siembra en el cultivo de papa variedad “*superchola*” no mejora los rendimientos de producción de semilla prebásica en el sistema aeropónico.

## **CAPITULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Semilla.**

La semilla es el principal insumo para desarrollar buenos cultivos. En el caso de la papa, el uso de semilla de buena calidad es importante, ya que, se emplea la propagación vegetativa (tubérculos). Una semilla que no esté en condiciones sanitarias, físicas y fisiológicas adecuadas, producirá germinación poco uniforme, un pobre desarrollo de plantas y bajos rendimientos y se corre el riesgo de diseminar, involuntariamente, plagas y enfermedades, que se transmiten a través de la semilla de mala calidad (Montesdeoca, 2005).

Además, manifiesta que la semilla de calidad, es el tubérculo que muestra las condiciones genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias para producir plantas que, en condiciones adecuadas de cultivo, reproducirán las características y el potencial de la variedad que se ha sembrado (Montesdeoca, 2005).

La producción de mini tubérculos semilla de papa, bajo el sistema aeropónico, parte de la categoría prebásica, que enmarca todo un proceso desde etapas de cultivo in vitro, la producción de plantas madres y el uso de éstas para obtener esquejes o brotes, los cuales son sembrados en invernaderos para la producción de los mini tubérculos. A partir de la semilla prebásica, se multiplica en campo para obtener la semilla básica y de esta a su vez, se obtienen otras categorías de semilla, de acuerdo al grado de sanidad y la legislación fitosanitaria del país (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

Por consiguiente, la forma convencional de producir semilla prebásica de papa es multiplicando material vegetativo en óptimo estado, en invernaderos usando sustratos esterilizados. En este sentido, el bromuro de metilo ha sido el agente usado comúnmente para la desinfección, pero debido a su impacto negativo en aspectos ambientales y de salud, en la actualidad se encuentra prohibida su utilización a nivel mundial. Se han evaluado otras alternativas incluyendo: uso del vapor, solarización y otros productos

químicos y se ha determinado que el vapor producido en calderos accionados con petróleo esteriliza los sustratos con similar eficiencia, pero a un costo significativamente mayor (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

La técnica de cultivo sin suelo es una metodología ideal para obtener tubérculos semilla de categoría prebásica de papa. Los tubérculos semillas de papa obtenidos son de excelente calidad, tamaño y peso apropiados para la siembra; por esta razón, aquellos futuros productores de semilla prebásica con la tecnología de aeroponía podrán tener mayores ingresos económicos por la venta de mini tubérculos de papa, libres de fitopatógenos como; virus, hongos y bacterias (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

#### *2.1.1. Métodos de producción de papa-semilla.*

La producción de semilla requiere inspecciones por agencias certificadoras para asegurar la calidad requerida de la semilla que va a ser distribuida para cultivos comerciales.

La mayoría de los programas de producción de semilla inician, cada año, con tubérculos que han sido certificados como libres de enfermedades virales (semilla prebásica). Estos tubérculos posteriormente se multiplican 3 a 4 veces en el campo para producir semilla bajo estrictas prácticas de manejo (Ramírez, J., 2013).

Los sistemas convencionales de producción de tubérculo semilla de papa, se caracterizan por tasas bajas de multiplicación y acumulación progresiva de enfermedades virales degenerativas durante las propagaciones clonales que se llevan a cabo durante 3 a 4 ciclos.

#### *- Producción de mini tubérculos.*

El mini tubérculo es una fase intermedio de producción de semilla de papa entre la micropropagación en laboratorio y la multiplicación en campo. La producción convencional de mini tubérculos es en sustrato esterilizado en invernadero, pero recientemente, se han desarrollado sistemas hidropónicos y aeropónicos para la producción de mini tubérculos a partir de plantas *in vitro*. Además de reducir el costo de producción,

estos sistemas permiten la producción durante todo el año y la adopción de normas fitosanitarias (Ramírez, J., 2013).

Una vez cumplido el ciclo vegetativo del cultivo en invernadero, se procedió a la eliminación del follaje cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica.

Los mini tubérculos se lavaron y clasificaron por categoría de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Escala de clasificación de mini tubérculos.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>TAMAÑO (cm)</b>	<b>PESO (g)</b>
Cero	0.8 a 1.4	< 1,9
Uno	1.5 a 1.7	2 a 5
Dos	1.8 a 2.5	6 a 10
Tres	2.6 a 3.5	11 a 15
Cuatro	3.6 a 4.5	> 16

**Fuente:** (CIP., 2010)

- *Producción de mini tubérculos por sistema hidropónico.*

La técnica hidropónica de película de nutrientes (Nutrient Film Technique)-(NFT) es relativamente reciente, consiste en mantener en circulación una fina capa de solución nutritiva (SN) en las raíces de las plantas para proveer agua y nutrientes, entre ellos el oxígeno. Las plantas crecen en canales formados por una película de polietileno, dentro de los cuales se depositan las raíces, se cubre de la luz y se hace fluir la solución nutritiva (Ramírez, J., 2013).

La hidroponía como técnica de producción presenta ventajas sobre el uso de sustratos, ya que permite cultivos en zonas donde los suelos no lo permiten, ya sea por estar infectados o estar agotados, permitiendo eliminar la rotación de cultivos o la interrupción de la producción (Mateus, R. , 2012).

El principio fundamental de la NFT, consiste en la recirculación de la solución nutritiva a través de varios canales de tubos de PVC o similares que llegan a un contenedor



en común y que con la ayuda de una bomba sube nuevamente dicha solución nutritiva a cada canal, en tiempos previamente determinados sobre un timer. La recirculación suministrará los nutrientes necesarios a las plantas por medio de las raíces que cuelgan desde las canastillas del contenedor para que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente (Ramírez, J., 2013).

- *Producción de mini tubérculos por aeroponía.*

La Aeroponía, es "un sistema donde las raíces están expuestas, de manera continua o discontinua a un ambiente saturado de finas gotas de una solución nutritiva". Este método de cultivo, no requiere sustrato alguno, ya que las raíces de las plantas se encuentran suspendidas en el aire y crecen dentro de cajones vacíos y oscuros (módulos). Es en estos contenedores donde se administra la solución nutritiva, en forma de nebulización, periódicamente, para de esta forma poder mantener el 100 % de la humedad; con esto se consigue utilizar al máximo la superficie disponible (Ramírez, J., 2013).

En el sistema aeropónico el problema de aireación es superado en comparación de otras técnicas de hidroponía; al no existir problema para el desarrollo de las raíces de las vitro plantas, se promueve un mejor crecimiento radicular y de estolones, facilitando la absorción de nutrientes y contribuyendo a un aumento en el número de mini tubérculos por planta (Mateus, R. , 2012).

La solución nutritiva es rociada por 30 segundos después de cada 3 minutos en fases de desarrollo inicial. El intervalo de nebulización se prolonga una vez a 15 minutos a medida que las plantas se desarrollan; el sistema permite cosechas repetidas de mini tubérculos de tamaño deseable, en este sistema aeropónico es posible producir 5 a 10 veces más mini tubérculos/m<sup>2</sup> en comparación a cultivos de invernadero bajo otros sistemas (Ramírez, J., 2013).

## ***2.2. Aeroponía.***

La aeroponía permite investigar el crecimiento de las raíces, por ser un sistema no invasivo. También permite estudiar sobre la nutrición mineral, el uso del agua, el efecto de la atmósfera radicular, enfermedades de las raíces, exudaciones, estrés hídrico y la respuesta de las raíces a variaciones de oxígeno y CO<sub>2</sub> (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

La aeroponía como técnica de producción presenta ventajas sobre el uso de sustratos, ya que permite cultivos en zonas donde los suelos no son aptos para la agricultura. El cultivo sin suelo permite eliminar la rotación de cultivos o la interrupción de la producción. También se considera una ventaja la utilización de una menor área de cultivo, por la mayor densidad por unidad de superficie (Mateus & Chuquillanquí, 2008).

Otazú V. (2009), indica que esta técnica ha sido usada inicialmente para producción de hortalizas, es una tecnología nueva especialmente para la producción de semilla de papa; las pruebas iniciales nos proveen con la siguiente información:

- La producción de semilla de papa puede ser incrementada significativamente en el invernadero.
- Los diferentes cultivares de papa responden de otra manera en aeroponía. Los cultivares tipo *tuberosum* tienden a producir menos que los cultivares que tienen genes de *andigena*. Esto también se observa cuando desarrollan en sustrato.
- Las cosechas son múltiples y secuenciales.
- El periodo de crecimiento de las plantas se alarga de 1 a 2 meses.
- La semilla proveniente de aeroponía produce igual que la semilla convencional.
- La inversión inicial puede recuperarse rápidamente.
- La inoculación con bacterias parece ser una técnica promisorio en el incremento de tuberculillos por planta; esto está en investigación en el CIP.
- La optimización de producción de semilla de papa por aeroponía es posible.
- Condiciones artificiales como luz adicional se puede implementar fácilmente en invernaderos para cultivares que usualmente crecen en otras latitudes.

#### 2.2.1. Ventajas del sistema aeropónico.

Otazú V. (2009), presenta las siguientes ventajas:

- Las raíces están en contacto con el aire, en condiciones para lograr una combinación optima de CO<sub>2</sub>, luz, agua y nutrientes.
- El aire limpio abastece de oxígeno, el cual es un purificador excelente para las plantas y el entorno aeropónico. Para que la planta siga un crecimiento natural, debe tener acceso sin restricción al aire.

- Rendimiento óptimo: Con aeroponía el rendimiento promedio es de 70 tubérculos por planta, comparado con 7 tubérculos/planta en el sistema convencional.
- Sistema ecológico: requieren menor aplicación de agua y energía que otros sistemas. Es posible utilizar energía solar o eólica para alimentar de electricidad a los invernaderos, con la consiguiente reducción en costo de inversión.
- Reducción de agroquímicos: se tiene mejor control fitosanitario con la aireación de raíces, a no estar expuestas a los patógenos del suelo y se tienen medidas de sanidad estrictas para no dejar ingresar patógenos al invernadero.
- Control de desarrollo de tubérculos, permite cosechar los mini tubérculos en el momento de crecimiento óptimo, consiguiéndose una producción homogénea que no puede lograrse con el cultivo tradicional, en el que se recolectan todos los tubérculos al mismo tiempo sin presentar el mismo desarrollo.
- Selección del tamaño requerido por el mercado de semillas de 5 a 30 gr, pues los fertilizantes aplicados a las raíces permiten que la planta continúe su ciclo vegetativo interrumpidamente hasta por más de 180 días.
- Mayor desarrollo de hojas, raíces y estolones que otros sistemas de producción, y con ello mayor producción de tubérculos.

#### *2.2.2. Desventajas del sistema aeropónico.*

Otazú V. (2009), menciona las siguientes desventajas:

- Alto costo inicial en la instalación del sistema aeropónico
- El manejo del componente de nutrición en el sistema aeropónico, ya que un desbalance puede afectar la producción final o pérdida de plantas.
- El descuido en la higiene, se pueden infectar las raíces por bacterias y hongos.
- El corte de energía eléctrica por más de una hora puede causar daños irreparables a las plantas.

#### *2.3. Densidades de siembra en aeroponía.*

La densidad depende de los componentes de la densidad de plantas y el número de tallos por planta. La densidad de tallos combina los dos componentes y describe mejor la

densidad de un cultivo de papa que la densidad de plantas. La densidad de planta afecta el número de tubérculos, el tamaño de los mismos y la tasa de multiplicación, y está determinada por el número de tallos que emergen y sobreviven. La densidad recomendada depende del ambiente, propósito del cultivo y la variedad de papa (Valdivieso, M., 2002).

En la forma tradicional, la densidad de un cultivo de papa se expresa como número de plantas por unidad de área. Pero una planta de papa comúnmente consiste de varios tallos. Cada tallo forma, raíces, estolones y tubérculos, y se comporta como si fuese una planta individual. En consecuencia, la densidad de un cultivo de papa consiste en dos componentes; el primer componente es el número de plantas, tradicionalmente llamado densidad de plantas y el segundo componente es el número de tallos por planta (Valdivieso, M., 2002).

Al estudiar las densidades de siembra de 10, 20 y 40 plantas/m<sup>2</sup>, con cuatro repeticiones, en cultivo hidropónico con tubérculo semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), concluyen que la alta densidad de población 40 plantas/m<sup>2</sup>, en cultivo hidropónico dentro invernadero con la variedad Gigant, disminuye la acumulación de biomasa total, el número de tubérculos mayores de 10 mm de diámetro por planta, la tasa absoluta de crecimiento, la tasa de asimilación neta y la tasa económica de asimilación por planta; en cambio incrementó la tasa de crecimiento del cultivo, así como la biomasa y el número de tubérculos mayores de 10 mm, por unidad de superficie de invernadero respecto al tratamiento de menor densidad de población 10 plantas/m<sup>2</sup> (Flores, et al, 2009).

#### ***2.4. Condiciones de infraestructura.***

La infraestructura convencional de invernaderos para producción de semilla de papa es usualmente muy baja; en aeroponía necesitamos explotar el espacio vertical del invernadero.

Tanto el follaje como el sistema radicular se desarrollan mucho más que en sustrato convencional, el terreno asignado para la construcción del invernadero debe ser adecuadamente nivelado y no debe ser rodeado de árboles y otros cultivos especialmente solanáceos. El ambiente debe estar provisto de servicios de agua y electricidad (Flores, et al, 2009).

#### *2.4.1. Condiciones de manejo sanitario.*

La producción convencional de semilla de papa en invernaderos requiere de estrictas medidas de sanidad para evitar contaminaciones, en aeroponía estas medidas deben ser aún de estándares más estrictos. Asumiendo que todo el invernadero está adecuadamente sellado, ningún tipo de insecto debe ingresar al interior. El encargado del invernadero debe ser adecuadamente entrenado; la ante cámara es un componente importante del invernadero, se deben evitar entradas y salidas innecesarias (Otazú V. , 2009).

El operador no debe haber visitado un campo de cultivo antes de ingresar al invernadero, al entrar a un invernadero sólo la puerta de la antecámara se debe abrir, nunca abrir ambas puertas al mismo tiempo. La antecámara debe tener un lavatorio con agua y los siguientes materiales: 2 a 3 mandiles limpios, jabón sólido o líquido, hipoclorito de sodio (Na) al 2 %, papel toalla. Además, a la entrada se debe poner una bandeja con cal viva en polvo o polvo de azufre, poniendo los zapatos en esta bandeja evita el ingreso de ácaros y esporas de patógenos del suelo al interior del invernadero. Una toalla empapada en una solución de sulfato de cobre o amonio cuaternario (cloruro de benzalkonio entre otros) cumple similar función. Si no se van a tocar las plantas se deben lavar las manos con jabón y agua, si se van a manipular las plantas además del jabón, el desinfectante también debe ser usado y si se prolonga la manipulación de las plantas es mejor usar guantes descartables. El operador debe usar siempre el mandil, el que debe estar colgado en la ante cámara y nunca debe salir fuera del invernadero (Otazú V. , 2009).

Así también menciona que este procedimiento disminuye las posibilidades de entrada de insectos que se puedan impregnar en nuestra ropa. El siguiente letrero debe colgarse a la entrada del invernadero:

#### *2.4.2. Reglas de asepsia.*

- Nunca abrir ambas puertas al mismo tiempo
- Pise en la bandeja desinfectante antes de entrar
- Si no va a tocar las plantas lávese las manos con jabón.
- Si va a tocar las plantas use el desinfectante
- Use siempre un mandil en el interior

- No se permite bebidas ni comidas.

#### 2.4.3. *Manejo fitosanitario.*

La implantación de trampas amarillas en 2 o 3 puntos del invernadero no solo ayuda a controlar insectos, sino es útil para detectar su presencia. Las trampas que tienen insectos muy a menudo, significa que debe haber entradas mal selladas en algún punto del invernadero, o que el operador está siendo descuidado. La malla antiáfida es a prueba de insectos, pero no a prueba de esporas de patógenos, esporas de *Phytophthora*, *Oídium* y otros patógenos pueden atravesar la malla al interior del invernadero y si encuentran condiciones climáticas favorables desarrollarán la enfermedad. En este caso se deben utilizar fungicidas sistémicos y de contacto, utilizando el 50% de dosis recomendada para plantas aeropónicas; también usar normas de uso seguro de plaguicidas, cuando se emplea pesticidas siempre se debe usar equipo de protección. Se debe contar con una escalera portátil para manejar plantas aeropónicas (Otaú V. , 2009).

#### 2.4.4. *Manejo del clima interno.*

Según Otaú V. (2009), se debe contar con un termómetro dentro del invernadero. El operador debe registrar temperaturas diarias: máximas, normales y mínimas, temperaturas nocturnas mínimas por debajo de 4°C son muy bajas para aeroponía; a sí mismo temperaturas máximas (diurnas) por encima de 30°C son muy calientes. Cuando empieza la tuberización es deseable que las temperaturas máximas nocturnas estén en el rango de 10-15°C y las temperaturas diurnas estén alrededor de 20°C. Las mallas sombreadoras ayudan mucho a reducir las temperaturas diurnas.

Además manifiesta que cuando las temperaturas se elevan demasiado, ayuda colocar bolsas de plástico con hielo en el interior del tanque que contiene la solución nutritiva, también se pueden usar equipos de enfriamiento, pero esto eleva los costos de producción.



## **2.5. Plantas.**

En aeroponía por razones sanitarias se prefiere el uso de plántulas *in vitro*, sin embargo estas requieren ser manejadas por personal con experiencia. Estas plantas deben tener la edad y tamaño adecuados antes de pasar al periodo de aclimatación y antes de su ingreso al invernadero. A veces, por bajar costos, se producen plántulas muy apretadas con poco espaciamiento para su desarrollo en condiciones *in vitro*. Otros materiales, como brotes de tubérculos y esquejes, deben estar limpios y libres de enfermedades (Otazú V. , 2009).

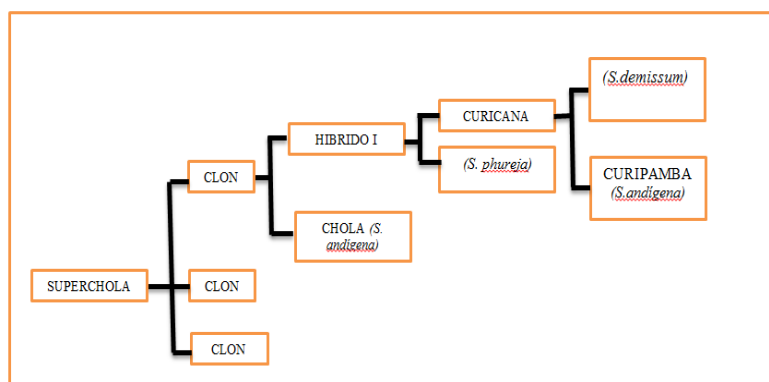
La presencia de cualquier síntoma de enfermedad debe ser motivo suficiente para eliminar todo el lote de plantas, esto puede ser visible especialmente al momento de trasplantarlas a los cajones. El tejido radicular y el tallo subterráneo deben estar completamente limpios y libres de enfermedades; antes de ponerlas en aeroponía, las plantas deben ser mantenidas en un invernadero limpio con fines de aclimatación.

## **2.6. Origen de la Variedad “Superchola”.**

La variedad fue generada por el señor Germán Bastidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, provincia del Carchi. Proviene de los cruzamientos realizados con las variedades, (Curipamba negra x *Solanum demissum*), donde dio origen a la Curicana (papa roja, en forma de plancha, con ojos blancos), posteriormente se cruza Curicana x *Solanum phureja* dando un híbrido, este híbrido se cruza con Chola; de esta descendencia se seleccionó a los tres mejores genotipos (clones) que tuvieron características parecidas a Chola, estos tres clones se recombinaron entre sí, el mejor de esta descendencia dio origen a la variedad “*Superchola*”, que tiene características superiores en cuanto a calidad, rendimiento y tolerancia a enfermedades y características de calidad culinaria que la variedad Chola (Human, 2008).

La calidad es un concepto que en la práctica es difícil de medir mediante una definición, ya que resulta ser un concepto primario y subjetivo que depende de las distintas apreciaciones que los consumidores finales puedan otorgarle (Andrade, 1997).

Pedigri seguido para la obtención de la variedad es la siguiente:



**Figura 1.** Obtención de la variedad superchola.

**Fuente:** (Human, 2008).

### 2.6.1. Taxonomía.

Human (2008), menciona que la descripción taxonómica de la papa es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: Solanum
- Especie: tuberosum L.

### 2.6.2. Características Morfológicas.

Según el INIAP (2012), las características morfológicas definidas por la variedad súper chola son las siguientes:

- Planta: crecimiento bien desarrollado, con numerosos tallos pubescentes. Hojas de tamaño mediano, color verde oscuro. Tallos verdes con pigmentación púrpura; los nudos son sobresalientes. Floración moderada y sus flores caen por falta de fecundación y bajo porcentaje de frutos.
- Hojas: compuestas con tres pares de folíolos primarios con un folíolo terminal y tres pares de folíolos secundarios (entre folíolos) de color verde intenso. Presenta pares de folíolos terciarios o (sobre pecíolos).

- Flores: hermafroditas de color morado con blanco presente en el acumen, haz y envés de los pétalos. Sus anteras son amarillas y su cáliz verde con manchas de color púrpura en la base. Su floración es moderada, usualmente llevadas arriba del follaje con un largo pedúnculo.
- Tubérculos: forma elíptica a ovalada, con ojos superficiales, piel rosada y lisa, con color crema alrededor de los ojos superficiales, pulpa amarilla pálida, sin pigmentación.
- Frutos: son bayas de color verde, con puntos blancos. De escasa fructificación.

#### 2.6.3. Características agronómicas.

- Zona recomendada que oscilen entre los 2800 a 3600 m.s.n.m.
- Zona Norte: Carchi e Imbabura.
- Zona Centro: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar
- Días de floración: 120 días
- Habito de crecimiento: Semierecta
- Maduración: Semitardia (181 días)
- Rendimiento: 30 T/Ha
- Contenido de materia seca: 24%
- Gravedad específica: 1.098

#### 2.6.4. Reacción a Enfermedades.

Basado en observaciones de campo de agricultores la variedad Superchola es susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) (Torres, 2011).

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del área de estudio.

La investigación se realizó en la Granja experimental “Yuyucocha” que se encuentra ubicada en la parroquia de Caranqui, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Geográficamente se encuentra:

Latitud: 00° - 21' - 53'' N
Longitud: 78° - 06' - 32'' W
Coordenada X: 819312 m E UTM
Coordenada Y: 10036401 m N UTM
Datum: WGS 84
Zona: 17 Sur

**Fuente:** Cadena, S. y Enríquez, M. (2013).

El área de estudio fue un invernadero de 144 m<sup>2</sup> con un rango de temperaturas de 12° a 32°C, con un promedio de 26°C y humedad relativa de 75%. Dentro del invernadero se contó con cuatro módulos aeropónicos de 1,00 m de ancho, 1,00 m de alto y 14,00 m de largo, donde se encontraron instalados dos manguerillas con microaspersores, los mismos que estuvieron conectados al sistema de riego; como tapas, en la parte superior de los cajones, se colocaron láminas de espuma flex de 1,20 m<sup>2</sup> forradas de plástico blanco y en ellos se hicieron perforaciones cada 20 cm. Al trasplante de las *vitro plantas* de papa, en las perforaciones se colocaron pequeños tubos de plástico para facilitar la ubicación y el crecimiento de las plantas.

### **3.2. *Materiales y equipos.***

#### **3.2.1. *Materiales del invernadero.***

- Estructura de tubo: 150 m<sup>2</sup>
- Plásticos calibres 6 y 8
- Malla anti-áfidos
- Sarán de color negro 10%
- Alambre N° 10

#### **3.2.2. *Materiales de los módulos aeropónicos.***

- Armazón de madera
- Planchas de espuma flex
- Plástico de color negro doble ancho (9 mm)
- Tubería PVC de 1"
- Accesorios PVC de (1", ¾")
- Mangueras 1
- Boquillas nebulizadoras

#### **3.2.3. *Materiales del equipo de riego.***

- Bomba hidrostal
- Red de distribución de agua
- Tanque rodoplast
- Cinta adhesiva
- Fluxómetro
- Generador eléctrico
- Timer

#### 3.2.4. *Materiales de ventilación y enfriamiento.*

- Aire acondicionado
- Ventiladores

#### 3.2.5. *Materiales de uso en el invernadero.*

- Piola
- Escalera
- Carretilla
- Pomina
- Grava y arena
- Palas
- Grapadora para invernadero
- Baldes plásticos
- Bandejas de plástico
- Jarras plásticas
- Pinzas, tijeras
- Rollos de servilletas de papel
- Fundas plásticas
- Mandiles desechables
- Guantes quirúrgicos
- Alcohol, cloro, formol, cal
- Malla totora
- Tubos de hierro

#### 3.2.6. *Material experimental y equipos.*

- Plantas *in vitro* de la variedad “Superchola”
- Termómetros
- Equipo de pH
- Balanzas de precisión
- Probetas
- Bomba de fumigar
- Cinta métrica

### *3.2.7. Insumos Agrícolas.*

- Fertilizantes hidrosolubles
- Fungicidas
- Desinfectantes
- Trampas para control de insectos

### *3.2.8. Materiales de oficina.*

- Libro de campo
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Fotocopias
- Memoria USB
- Filmadora
- Material bibliográfico
- Computadora

## **3.3. Métodos.**

### *3.3.1. Factor en estudio.*

Densidad de siembra:

- a) 0,20 m entre plantas x 0,20 m entre hileras
- b) 0,20 m entre plantas x 0,40 m entre hileras
- c) 0,30 m entre plantas x 0,40 m entre hileras

Tratamientos:

T-1: 20 plantas por m<sup>2</sup>

T-2: 12 plantas por m<sup>2</sup>

T-3: 10 plantas por m<sup>2</sup>

### 3.3.2. *Diseño experimental.*

Se utilizó el diseño experimental de Bloques completos al azar (DBCA), los tratamientos aplicados consistieron en tres densidades de siembra: 20, 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup>, con cuatro repeticiones.

### 3.3.3. *Características del experimento.*

La superficie de la unidad experimental, estuvo constituida por dos planchas de espuma flex de 1,20m<sup>2</sup> x 2 (2,40 m<sup>2</sup>), localizados sobre los modulares aeropónicos. En las planchas se encontraron los hoyos distanciados de acuerdo a las densidades en estudio consideradas anteriormente indicadas en los tratamientos.

a) Repeticiones:	4
b) Tratamientos:	3
c) Superficie total del experimento:	144 m <sup>2</sup>
d) Superficie de unidad experimental:	2,40 m <sup>2</sup>
e) Superficie neta de la UE:	168 (Nº plantas/m <sup>2</sup> )
f) Superficie neta del ensayo:	28,80 m <sup>2</sup> (2,40 x 12)

### 3.3.4. *Descripción del ensayo en el invernadero.*

Bajo el convenio con el MAGAP, se construyó un invernadero de 360 m<sup>2</sup> aproximadamente, fue cubierto con plástico calibre 8 y malla anti-áfidos. En una nave de 144 m<sup>2</sup>, se construyeron cuatro módulos aeropónicos de madera, espuma flex y forrados con plástico de 14,00 m de largo, 1,00 m de ancho y 1,00 m de alto. Estos módulos tuvieron una inclinación de 1 a 2%, con el objetivo de que la solución utilizada en el sistema aeropónico se deslice al recipiente de recolección para luego ser reciclarla. A un lado de los módulos aeropónicos, se construyó la base para en recipiente de preparación de la solución nutritiva para la alimentación de la vitro plantas; así como también la red del sistema de riego, conformado por mangueras, aspersores, timer, bomba eléctrica y de presión. A la entrada del invernadero, se colocó estáticamente un ventilador, con el objeto



de mover masas de aire en el interior del invernadero y junto a éste, se cuenta con una mesa de trabajo de cemento con un lavadero hasta donde llega el agua potable.

### 3.3.5. *Análisis estadístico.*

**Tabla 2.** Esquema del ADEVA

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	11
Repeticiones	3
Tratamientos	2
Error experimental	6
CV (%), X: Promedio	

### 3.3.6. *Análisis funcional.*

Encontradas las diferencias estadísticas respectivas, se efectuó la prueba de significación Tukey al 5%.

## 3.4. *Variables evaluadas.*

### 3.4.1. *Altura de planta.*

Se registraron los datos en 6 vitro plantas por tratamiento, en cada una de las repeticiones, se hizo la primera medición el 26/06/2014, catorce días después del trasplante de las vitro plantas en los modulares aeropónicos, realizándose cada 15 días respectivamente, culminando con la última medición el 16/10/2014 llegando así a la altura máxima, cuando el cultivo entró en la etapa de senescencia; para lo cual se utilizó una cinta métrica y sus datos se expresaron en centímetros (cm).

### 3.4.2. *Días a la floración.*

En 6 vitro plantas se registraron los días transcurridos desde el trasplante, que se realizó el día 12/06/2014, en los cajones aeropónicos hasta que el cultivo presentó flores en

su parte basal, media y apical. Siendo la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> la primera en presentar flores seguida de la densidad de 10 y 20 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente.

#### *3.4.3. Días a la presencia de tubérculos.*

En 6 vitro plantas, se registraron los días transcurridos desde el trasplante realizado el 12/06/2014 en los cajones aeropónicos, hasta que los estolones presentaron los primeros tubérculos, siendo la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> en presentar los primeros mini tubérculos seguida por la densidad de 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente.

#### *3.4.4. Número de tubérculos semilla por planta.*

Se contabilizó el número de mini tubérculos producidos por planta; para el análisis estadístico, se tomó en cuenta el promedio de los mini tubérculos de 6 vitro plantas, donde la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> obtuvo el número mayor de mini tubérculos/planta, seguida por la densidad de 10 y 20 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

#### *3.4.5. Número de tubérculos semilla por superficie.*

Se contabilizó el número de mini tubérculos producidos por m<sup>2</sup>; para el análisis estadístico se tomó en cuenta el promedio de los mini tubérculos de 6 vitro plantas, donde la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> obtuvo el número mayor de mini tubérculos, seguida por la densidad de 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

#### *3.4.6. Peso total de tubérculos.*

Se registró el peso total de los tubérculos cosechados por planta y expresado en kilogramos. Para el análisis estadístico se tomó en cuenta el peso promedio de los mini tubérculos de 6 vitro plantas.

#### *3.4.7. Peso total de tubérculos por superficie.*

Se registró el peso total de los tubérculos cosechados por superficie y expresado en kilogramos. Para el análisis estadístico se tomó en cuenta el peso promedio de los mini tubérculos de 6 vitro plantas.

### 3.4.8. Clasificación de tubérculos.

Del número total de tubérculos por planta, se realizó la clasificación de los mismos, de acuerdo a la siguiente escala:

**Tabla 3.** Escala de clasificación de mini tubérculos.

CATEGORÍA	TAMAÑO (cm)	PESO (g)
Cero	0.8 a 1.4	< 1,9
Uno	1.5 a 1.7	2 a 5
Dos	1.8 a 2.5	6 a 10
Tres	2.6 a 3.5	11 a 15
Cuatro	3.6 a 4.5	> 16

**Fuente:** CIP. (2010).

### 3.5. Manejo específico del experimento.

#### 3.5.1. Toma de muestras de agua potable de la granja experimental Yuyucocha.

Previamente el frasco se lo lavó con agua destilada para que así esté completamente limpio. En un frasco de vidrio de 500 ml, se tomó una muestra de agua potable de la tubería que se encuentra dentro del invernadero y se llevó al Laboratorio de física y química de la FICAYA, para su análisis.

#### 3.5.2. Limpieza externa del invernadero.

Se realizó la limpieza en la parte externa del invernadero y a la vez se colocó a su alrededor arena y ripio. Luego se aplicó el herbicida glifosato para eliminar y quemar todo tipo de malezas que crecieron fuera del invernadero. Cada vez que aparecieron plantas-malezas, se realizó esta labor.

#### 3.5.3. Construcción y preparación de cajones aeropónicos.

Dentro del invernadero se construyeron cuatro cajones aeropónicos de 1,00 m de ancho, 1,00 m de alto y 14,00 m de largo, forrados de plástico negro y espuma flex dentro y a sus lados. En la parte superior media de los cajones se localizaron dos manguerillas con micro aspersores, los mismos que estuvieron conectados al sistema de riego. Como tapas, en la parte superior de los cajones, se colocaron láminas de espuma flex de 1,20 m<sup>2</sup> forradas de plástico blanco y en ellos se realizaron perforaciones cada 20 cm. Al trasplante

de las *vitro plantas* de papa, en las perforaciones se ubicaron pequeños tubos de plástico para facilitar el crecimiento de las plantas.

#### 3.5.4. *Adecuaciones en el invernadero.*

Antes de establecer el experimento se realizaron las siguientes adecuaciones:

- Estratégicamente se colocaron tres equipos de aire acondicionado dentro del invernadero, con el objeto de promover el enfriamiento del aire, especialmente en días soleados en horas de 11h00 a 16h00. Los motores se localizaron en la parte exterior del invernadero, empotrados en mesas de cemento, contruidos específicamente para ello, protegidos con mallas de hierro y cubiertos con una lámina de eternit en su parte superior.
- Para obtener un movimiento homogéneo del aire dentro del invernadero se instalaron tres ventiladores eléctricos.
- Se extendió internamente láminas de sarán de color negro en la parte superior y lateral del invernadero, con el objetivo de controlar la intensidad de la luz solar.
- En el piso del invernadero se colocó una capa de pomina blanca (cascajo), sustrato recomendado para prever asepsia y control de humedad.
- Se realizaron las canalizaciones necesarias en la parte exterior e interior del invernadero, para contar con un normal suministro de agua potable.
- Se realizaron fumigaciones con insecticidas, bactericidas, fungicidas y cloro en el piso, ambiente interno, externo, plástico, malla anti-áfidos y sarán del invernadero, antes de realizar la siembra de las *vitro plantas* en los módulos aeropónicos.
- Se monitoreó la temperatura dentro del invernadero a través de termómetros ambientales localizados en puntos estratégicos.

#### 3.5.5. *Preparación de vitro plantas en el laboratorio de biotecnología del INIAP.*

En el laboratorio nacional de biotecnología INIAP, se adquirió 1000 *vitro plantas* de papa variedad Superchola.

#### *3.5.6. Sistema de ferti-riego.*

Dentro del invernadero se instaló una bomba, motor, redes de abastecimiento y reciclado de la solución nutritiva que alimentó a las raíces de las *vitro plantas* suspendidas en los cajones aeropónicos. Antes del establecimiento del experimento, se realizaron varias pruebas del sistema de riego.

#### *3.5.7. Pruebas de filtración en cajones aeropónicos.*

Al mismo tiempo que se realizaron las pruebas del sistema de riego, se aprovechó para observar filtraciones en los cajones aeropónicos y hacer las correcciones correspondientes.

#### *3.5.8. Regulación del timer.*

El manejo automático de la solución nutritiva se realizó a través del timer, instalado en un sitio estratégico del invernadero, el mismo que fue regulado de acuerdo a las recomendaciones técnicas de tiempos de ferti-riego para las *vitro plantas*.

#### *3.5.9. Adquisición de materiales y equipos.*

En el 2013 se recubrió con plástico y malla anti-áfidos al invernadero de estructura de metal establecida en la granja experimental Yuyucocha. Se instalaron los módulos aeropónicos y el equipo de riego. De enero a junio del 2014, se adquirieron materiales de ventilación y enfriamiento, del invernadero, material experimental y equipos, insumos agrícolas y materiales de oficina, para iniciar la investigación.

#### *3.5.10. Capacitación en los procesos aeropónicos en el Centro Internacional de la Papa-CIP.*

En el mes de mayo 2014, los autores de la investigación fueron capacitados en el CIP, sobre los procesos y manejo de la aeroponía con objetivos de producción de semillas de papa.

#### *3.5.11. Capacitación en lavado de vitro plantas en el laboratorio de biotecnología del INIAP.*

En el mes de junio 2014, los autores de la investigación fueron capacitados en el Laboratorio Nacional de Biotecnología del INIAP, sobre el manejo y lavado de *vitro*

*plantas* de papa, con el fin de realizar adecuadamente la siembra en los módulos aeropónicos.

### 3.5.12. Siembra de *Vitro plantas* en cajones aeropónicos.

Después del lavado de las *vitro plantas* con agua caliente, se extendieron en bandejas con papel absorbente hidratado. Luego, se envolvieron los talluelos de las *vitro plantas* con pequeñas esponjas hidratadas y depositadas en los hoyos de las láminas de espuma flex cubiertas de plástico blanco. Con la ayuda de una pinza se colocaron las raíces dirigidas hacia la parte baja.

### 3.5.13. Preparación de solución nutritiva.

Se preparó una solución nutritiva inicial, para alimentar a las *vitro plantas* y luego una solución nutritiva final para alimentar a las plantas durante el desarrollo del cultivo.

Se tomó en cuenta los porcentajes de concentración de los elementos nutritivos en las sales fuentes, para los cálculos de los ppm requeridos por el cultivo, siguiendo la siguiente metodología.

**Tabla 4.** Concentración y fuentes de nutrientes para la solución nutritiva final en el cultivo de papa bajo aeroponía.

Nutriente	Concentración (ppm)	Fuentes de los nutrientes
<b>N</b>	150	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , KNO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>
<b>P</b>	45	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
<b>K</b>	260	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KNO <sub>3</sub>
<b>Ca</b>	150	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , agua
<b>Mg</b>	45	MgSO <sub>4</sub>
<b>S</b>	92	MgSO <sub>4</sub> , CuSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Fe</b>	1	Quelato de hierro
<b>Mn</b>	0.4	MnCl <sub>2</sub>
<b>Zn</b>	0.074	ZnSO <sub>4</sub>
<b>B</b>	0.13	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
<b>Mo</b>	0.036	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>
<b>Cu</b>	0.038	CuSO <sub>4</sub>

**Fuente:** (CIP., 2010).

El procedimiento para preparar la solución nutritiva para un tanque de 500 litros de agua, fue la siguiente:

1. Pesar y medir las cantidades requeridas de cada fertilizante.
2. Disolver en forma separada cada fertilizante en recipientes que contengan medio litro de agua. Disolver el sulfato de potasio en agua caliente para agilizar el proceso.
3. Colocar el 50% de agua en el tanque de 500 litros, en los cuales se fue colocando cada fertilizante disuelto.
4. Para medir el quelato de hierro (20 ml) y el ácido fosfórico (44 ml), se utilizó una probeta y se añadieron directamente al tanque de 500 litros.
5. Colocar los mililitros de cada una de las soluciones de micro elementos.
6. Llenar el tanque con el agua restante hasta completar los 500 litros.
7. Agitar bien la solución para que la distribución de los nutrientes sea homogénea en toda la solución. Proceso que debe hacerse todos los días.
8. Determinar el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

#### *3.5.14. Cubrimiento de vitro plantas sembradas.*

Para evitar que las plántulas transpiren excesivamente, se colocó un vaso pequeño de plástico en cada una de las plantas para simular las condiciones *in-vitro* y evitar la deshidratación.

#### *3.5.15. Monitoreo diario del crecimiento de las vitro plantas en el invernadero.*

El seguimiento diario al cultivo se refirió fundamentalmente a la asepsia del invernadero, cajones aeropónicos, materiales, herramientas, solución nutritiva, presencia de plagas y enfermedades, y crecimiento de las plantas.

#### *3.5.16. Tejido de malla totora como soporte de las plantas.*

Para realizar un adecuado tutorio de las plantas, se utilizó malla totora, la misma que se ubicó cada 20 cm por encima de los módulos y con la ayuda de piola plástica se sujetaron a los postes metálicos ubicados en cada esquina del módulo.

### *3.5.17. Poda de plantas.*

Para realizar una adecuada poda de las plantas, se siguió los siguientes pasos:

- 1.- Se seleccionaron las plantas que tuvieron aproximadamente 10 cm.
- 2.- Sumergir en alcohol 96% al bisturí y flamear en el mechero.
- 3.- El bisturí se utilizó para cortar las hojas bajas con el cuidado de que se mantengan las yemas axilares del tallo principal.
- 4.- Para continuar el corte de la siguiente planta, se desinfectó el bisturí en una solución de cloro comercial al 5%.
- 5.- Después de 10 plantas efectuadas este proceso se volvió a esterilizar el bisturí.
- 6.- Se dejó cicatrizar el tallo de las plantas por 24 horas.
- 7.- Se introdujo el tallo en los orificios de cada módulo hasta el nivel que el ápice tuvo tres pares de hojas.

### *3.5.18. Controles fitosanitarios de plagas y enfermedades.*

La prevención fue la mejor "cura" para las enfermedades. La adición de aditivos anti-patógenos como el cloro o el alcohol isopropílico y la atención al diseño del sistema pudo ayudar a combatir enfermedades.

### *3.5.19. Cosecha de tubérculos.*

Las cosechas de los tubérculos se realizaron en las primeras horas de la mañana cuando el ambiente estuvo fresco, los micro-aspersores se paralizaron por media hora para evitar molestias en el momento de la cosecha. La cosecha se ejecutó en forma manual, iniciando por los bordes de los módulos y siguiendo luego hacia el interior de los mismos y para evitar posibles contaminaciones, las manos fueron desinfectadas con alcohol y colocación de guantes quirúrgicos.

### *3.5.20. Clasificación de tubérculos.*

Del número total de tubérculos por planta, se clasificaron, de acuerdo a la escala mencionada anteriormente (Tabla 1).



### *3.5.21. Almacenamiento.*

La semilla se seleccionó por tamaño y peso, se colocaron en bandejas y se trasladaron a una sala de almacenamiento, allí se consiguió el verdeamiento y la emisión de brotes en los tubérculos con una humedad relativa del 80 %, temperatura de 1 °C, y luz difusa.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los análisis de datos y variables registrados en la investigación, se desprende la sobrevivencia del 84% de las *vitro plantas* de papa variedad superchola, en los módulos aeropónicos.

En aeroponía se debe usar plantas en óptimo estado. Por razones sanitarias se prefiere el uso de plántulas *in vitro*. Sin embargo, estas requieren ser manejadas por personal con experiencia. Estas plantas deben tener la edad y tamaño adecuados antes de pasar al periodo de aclimatación y antes de su ingreso al invernadero (Otazú V. , 2009).

La presente investigación se realizó con el fin de determinar la densidad óptima de siembra, comprobar los rendimientos de papa semilla, definir las etapas fisiológicas del cultivo en el invernadero y adaptar la metodología del sistema aeropónico.

En base a este contexto el manejo y monitoreo de los procesos aeropónicos no fueron fáciles, sin embargo, con la dedicación, empeño y conocimiento técnicos se lograron controlar los sistemas de enfriamiento, ventilación, fluido eléctrico y ferti- riego; así como también, la siembra de las *vitro plantas* en los módulos aeropónicos, las podas, el tutorado de tallos, los controles fitosanitarios, la cosecha, clasificación y almacenamiento de los mini tubérculos de papa así como menciona (Otazú V. , 2010), llegando a obtener las siguientes variables:

#### **4.1. Altura de planta.**

Al incrementar la densidad de población en el sistema aeropónico, no presento significancia estadística con respecto a altura de plantas lo que no concuerda con (Flores, et al, 2009) donde se menciona que al incrementar la densidad de población, aumenta la altura de planta entre tratamientos desde los 30 días después de la emergencia (DDE),

hasta los 75 DDE. Donde las plantas del tratamiento de menor densidad (8 plantas /m<sup>2</sup>) crecieron 31 % menos que las plantas del tratamiento de 45 plantas/m<sup>2</sup>.

El análisis de varianza para altura de plantas, presentó diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, lo que permite inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre la altura de planta; mientras que para densidad de siembra no se encontró diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ), debido a que no tuvieron variación en cuanto a altura de planta. Cabe recalcar que el coeficiente de variación fue de 6,24% que indica que existe una homogeneidad de las plantas en cuanto a la variable altura, con un promedio general de 180,82 cm (Tabla 5), (Flores, et al, 2009).

**Tabla 5.** Análisis de Varianza para altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Yuyucocha - Imbabura 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	5223,52				
<b>Repeticiones</b>	3	4124,30	1374,77	10,81**	9,78	4,75
<b>Tratamientos</b>	2	336,53	168,27	1,32 <sup>ns</sup>	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	762,69	127,12			
<b>CV: 6,24 %</b>						
<b>X: 180,82 cm</b>						

\*\* : Altamente significativo 5 %

ns: no significativo

**Tabla 6.** Promedio de altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Yuyucocha - Imbabura 2015.

TRATAMIENTOS	ALTURA (cm)
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	179,20
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	187,96
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	175,29

#### 4.2. Días a la floración.

El análisis de varianza para días a la floración, presento diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, lo que permite inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre días a la floración; mientras que respecto a densidades de siembra no se encontró diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ), en relación a esta variable. Cabe recalcar que el coeficiente de variación fue de 7,05 % que indica que existe una homogeneidad de las plantas en cuanto a la variable días a la floración con un promedio de 110,75 días, respectivamente (Tabla 7).

**Tabla 7.** Análisis de Varianza para días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	1162,25				
<b>Repeticiones</b>	3	638,92	212,97	5,03*	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	31,50	15,75	0.03 <sup>ns</sup>	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	491,83	81,97			
<b>CV: 7.05 %</b>						
<b>X: 110,75</b>						

\*: Significativo al 5%

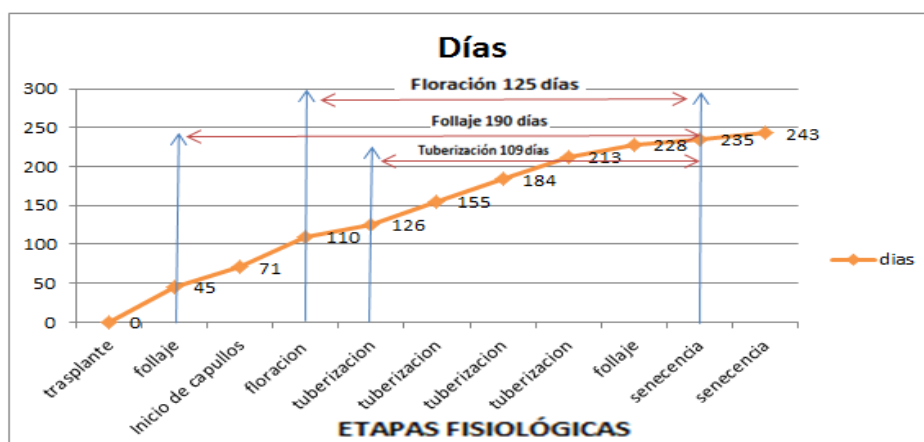
Ns: no significativo

**Tabla 8.** Promedio de días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

DENSIDADES	DÍAS A LA FLORACIÓN
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	113
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	109
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	110

Se puede observar la curva del ciclo de vida de la papa variedad superchola en aeroponía. Del trasplante a la poda de las plantas 45 días, capullos florales 71 días, inicio de floración 110 días, inicio de tuberización 126 días y senescencia 235 días. El follaje de las plantas se mantuvo durante 190 días, la floración 125 días, la tuberización 109 días y la

senescencia 32 días. En el desarrollo del cultivo se observó una segunda floración de los ejes secundarios y tercera floración de los ejes terciarios, permitiendo maximizar la producción de los mini tubérculos (figura 2), (Ramírez, J., 2013).



**Figura 2.** Ciclo de vida de papa variedad superchola en aeroponía. Ibarra, 2015.

#### **4.3. Días a la presencia de tubérculos.**

El inicio de tuberización se dio a los 125 y 126 días del trasplante de las vitro plantas en los modulares aeropónicos concordamos con lo que (Otazú V. , 2010) menciona en su trabajo, donde menciona que, cuatro meses después del trasplante los cultivares empiezan la tuberización. Donde podemos empezar a cosechar mini tubérculos de acuerdo al tamaño requerido (Figura 2).

El análisis de varianza para días a la presencia de tubérculos presento diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, lo que permite inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre los días a la presencia de tubérculos; mientras que para densidades no se encontró diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ), respecto a esta variable; sin embargo, el coeficiente de variación fue de 4,62% que indica que existe una homogeneidad de las plantas en cuanto a la variable días a la presencia de tubérculos, con un promedio de 125,67 días (Tabla 9).

**Tabla 9.** Análisis de Varianza para días a la presencia de tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	2532,67				
<b>Repeticiones</b>	3	2327,34	775,78	22,97**	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	2,67	1,34	0,04 <sup>ns</sup>	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	202,66	33,78			
CV: 4,62 %						
X: 125,67						

\*\* : Altamente significativo al 5%

ns: no significativo

**Tabla 10.** Promedio de días a la presencia de tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

DENSIDADES	DÍAS A LA TUBERIZACIÓN
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	125
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	126
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	126

#### **4.4. Número de tubérculos semilla por planta.**

Los tubérculos se lavaron y se clasificaron por categorías en una mesa de clasificación; en la investigación, el período de tuberización duró 95 días, desde el inicio (presencia de mini tubérculos) al final (senescencia del cultivo) (25/09/ 2014 al 03/01/2015); donde, la primera cosecha se realizó cuando los mini tubérculos alcanzaron las características de la variedad; es decir, coloración rosa jaspeado con crema (peso y tamaño), señal de madurez del tubérculo (18/11/2014). Secuencialmente se realizó la segunda (02/12/2014), tercera (09 y 10 /12/ 2014), cuarta (06/01/2015), quinta (24/01/2015) y sexta cosecha (03/02/2015), respectivamente concordando con (Otazú V. , 2010) donde menciona que en aeroponía se realizan cosechas consecutivas e ininterrumpidas.

El análisis de varianza, para el número de tubérculos semilla por planta presento diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, lo que permite inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre el número de mini tubérculos semilla/planta; mientras que para las densidades no se encontró diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ), debido a que no tuvieron variación en cuanto al número de mini tubérculos/planta. Sin embargo, el coeficiente de variación fue de 13,24% que indica que existe una homogeneidad de las plantas en cuanto a la variable número de tubérculos/ planta con un promedio de 106,33 mini tubérculos (Tabla 11).

**Tabla 11.** Análisis de Varianza para número de mini tubérculos/planta de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

<b>F de V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F. Cal</b>	<b>F. tab</b>	
					<b>1%</b>	<b>5%</b>
<b>Total</b>	11	10980,67				
<b>Repeticiones</b>	3	8408,67	2802,89	14,15**	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	1383,17	691,59	3,49 <sup>ns</sup>	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	1188,83	198,14			
<b>CV: 13,24 %</b>						
<b>X: 106,33</b>						

\*\* : Altamente significativo al 5%

ns: no significativo

Los promedios del número de mini tubérculos por planta, se observa a la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup>, con 93 mini tubérculos/planta, seguidos de las densidades 10 y 12 plantas/m<sup>2</sup>, con 107 y 119 mini tubérculos/planta, respectivamente (Tabla 12).

**Tabla 12.** Promedio de número de mini tubérculos de papa v-superchola por planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

<b>DENSIDADES</b>	<b>NÚMERO DE TUBÉRCULOS/PLANTA</b>
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	93
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	119
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	107

#### 4.5. Número de mini tubérculos semilla por superficie

En el análisis de varianza para el número de mini tubérculos por superficie, se detectó diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ) parara repeticiones lo que permitió inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre el número de mini tubérculos/m<sup>2</sup>; mientras que para densidades hubo diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ), al considerar la superficie; cabe recalcar que el coeficiente de variación de 13,07% indico una relativa heterogeneidad en cuanto al número de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en el ensayo, debido a la variación inherente al efecto de tratamientos y repeticiones, con un promedio general de 1452 mini tubérculos/ m<sup>2</sup> (Tabla 13).

**13.** Análisis de Varianza para número de mini tubérculos de papa v-superchola por m<sup>2</sup>, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	3024995.67				
<b>Repeticiones</b>	3	1581078.34	527026.11	14,65**	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	1228020.67	614010.34	17.06**	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	215896.66	35982.78			
<b>CV: 13,07 %</b>						
<b>X: 1452</b>						

\*\* : Altamente significativo al 5%

En cuanto a los promedios del número de mini tubérculos por m<sup>2</sup>, se observa a la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup>, con 1855 mini tubérculos/m<sup>2</sup>, seguidos de las densidades 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 1428 y 1073 mini tubérculos/m<sup>2</sup>, respectivamente. Resultados que coincidieron con lo que manifiesta (Valdivieso, M., 2002), la densidad de plantas afecta el número de tubérculos, el tamaño de los mismos y la tasa de multiplicación, y está determinada por el número de plantas que emergen y sobreviven. La densidad recomendada de plantas depende del ambiente, propósito del cultivo y la variedad de papa (Tabla 14).



**Tabla 14.** Número de mini tubérculos de papa v-superchola por m<sup>2</sup>, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

DENSIDADES	NÚMERO DE TUBÉRCULOS/M <sup>2</sup>
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	1855
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	1428
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	1073

**Tabla 15.** Prueba de Tukey al 5% para número de mini tubérculos de papa v-superchola por m<sup>2</sup>, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

Tratamientos	Medias	RANGOS
T1 (20x20)	1855	A
T2 (20x40)	1428	B
T3 (30x40)	1070	B

La prueba Tukey al 5% detectó dos rangos, ubicando en el primero al T-1 que corresponde a la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup>, con 1855 mini tubérculos/m<sup>2</sup> y en el segundo a T-2 y T-3, que corresponden a las densidades de 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 1428 y 1073 mini tubérculos/m<sup>2</sup>, respectivamente (Tabla 15).

#### **4.6. Peso total de tubérculos por planta.**

La sumatoria de los mini tubérculos/planta fue el peso total, obteniéndose en la investigación con la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> con 0,46 kg, seguido por las densidades de 10 y 20 plantas/m<sup>2</sup> con 0,43 kg y 0,33 kg respectivamente (Tabla 16).

**Tabla 16.** Promedio de rendimiento total de mini tubérculos/planta en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

DENSIDADES	PESO TOTAL DE TUBÉRCULOS/Kg
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	0,33
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	0,46
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	0,43

El análisis de varianza para el peso total de tubérculos, presento diferencias significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, lo que permite inferir que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre el rendimiento total de mini tubérculos por planta en kilogramos. Mientras que para densidades no se encontró diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ), debido a que no tuvieron variación en cuanto al rendimiento total de mini tubérculos por planta en kilogramos. Sin embargo, el coeficiente de variación fue de 24,54% que indica que existe una homogeneidad de las plantas en cuanto al variable peso total de tubérculos/planta, con un promedio de 0,41 kg (Tabla 17).

**Tabla 17.** Análisis de varianza para rendimiento total de mini tubérculos/planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	0,33				
<b>Repeticiones</b>	3	0,24	0,08	8*	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	0,04	0,02	2 <sup>ns</sup>	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	0,05	0,01			
<b>CV: 24,54%</b>						
<b>X: 0,41</b>						

\*: Significativo al 5%

ns: no significativo

#### **4.7. Peso total de tubérculos por superficie.**

Al considerar el peso total de los mini tubérculos por superficie, se detectaron diferencias en las densidades de siembra, obteniéndose con la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> con 6,60 kg/m<sup>2</sup>, a continuación por las densidades 12 y 10 plantas/m<sup>2</sup> con 5,52 y 4,30 kg/m<sup>2</sup> (Tabla 18).

**Tabla 18.** Promedio de rendimiento total de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

DENSIDADES	RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS/M <sup>2</sup>
<b>T1: 20 plantas/m<sup>2</sup> (20x20)</b>	6,60
<b>T2: 12 plantas/m<sup>2</sup> (20x40)</b>	5,52
<b>T3: 10 plantas/m<sup>2</sup> (30x40)</b>	4,30

En el análisis de varianza para rendimiento total de mini tubérculos/m<sup>2</sup> se identificó diferencias altamente significativas al ( $\alpha=0,05$ ) para repeticiones, indicando que la ubicación de los módulos aeropónicos dentro del invernadero tuvo un efecto sobre el rendimiento de los mini tubérculos/m<sup>2</sup>; en cambio que para las densidades se tuvo una significancia de ( $\alpha=0,05$ ). el coeficiente de variación fue 17,96 % indicando una relativa heterogeneidad en cuanto al rendimiento de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en el ensayo, debido a la variación inherente al efecto de tratamientos y repeticiones, con un promedio de 5,48 Kg/m<sup>2</sup> (Tabla 19).

**Tabla 19.** Análisis de varianza para rendimiento total de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

F de V	GL	SC	CM	F. Cal	F. tab	
					1%	5%
<b>Total</b>	11	56,01				
<b>Repeticiones</b>	3	39,61	13,20	13,61**	9,78	4,76
<b>Tratamientos</b>	2	10,61	5,31	5,47*	10,92	5,14
<b>Error</b>	6	5,79	0,97			
<b>CV: 17,96 %</b>						
<b>X: 5,48</b>						

\*\* : Altamente significativo al 5%

\* : Significativo al 5%

**Tabla 20.** Prueba de Tukey al 5% para rendimiento total de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1 (20x20)	6,60	A
T2 (20x40)	5,55	A B
T3 (30x40)	4,30	B

La prueba Tukey al 5% formo tres rangos, ubicando en el primero al T-1 que correspondió a la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup> con 6,60 kg/ m<sup>2</sup>, luego al T-2 que correspondió a la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup>, con 5,55 kg/ m<sup>2</sup> compartiendo el primero y segundo rango, y en el tercero a la densidad de 10 plantas/ m<sup>2</sup>, con 4,30 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente (Tabla 20).

#### 4.8. Clasificación de tubérculos.

Una vez cumplido el ciclo vegetativo del cultivo en invernadero, se procede a la eliminación del follaje (Ramírez, J., 2013), los tubérculos se lavan y se clasifican por categorías en una mesa de clasificación. Observando esta recomendación y al clasificar los mini tubérculos/planta se identificó el mayor número de mini tubérculos en la categoría (1), seguido de la categoría (2) (Tabla 21).

Con la densidad de siembra de 12 plantas/m<sup>2</sup>, se obtuvieron 103 mini tubérculos/planta con categoría (1); luego la densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 88 mini tubérculos y al final la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup>, con 46 mini tubérculos, respectivamente.

En la categoría (2), se consiguió el mayor número de mini tubérculos/planta con la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> con 45 mini tubérculos, seguidos de las densidades de 10 y 12 plantas/m<sup>2</sup>, con 18 y 14 mini tubérculos respectivamente.

En las categorías (3) y (4), las densidades de siembra en estudio, respondieron en forma similar, señalando un mini tubérculo por cada uno de ellos. Sin embargo, estos mini tubérculos servirán para la multiplicación de semillas

**Tabla 21.** Clasificación de mini tubérculos/planta de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

CLASIFICACIÓN			DENSIDADES DE SIEMBRA		
CATEGORIA	TAMAÑO (cm)	PESO (g)	20 x 40	30 x 40	20 x 20
Uno	1.5 a 1.7	2 a 5 g	103	88	46
Dos	1.8 a 2.5	6 a 10 g	14	18	45
Tres	2.6 a 3.5	11 a 15 g	1	1	1
Cuatro	3.6 a 4.5	> 15 g	1	1	1
TOTAL			119	108	93

Fuente: (Autor)

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con las evaluaciones que mencionan Mateus & Chuquillanquí, (2008) que los tubérculos semillas de papa obtenidos

bajo el sistema aeropónico fueron de excelente calidad, tamaño y peso apropiados para siembras futuras; por esta razón, aquellos productores de semilla prebásica podrán tener mayores ingresos económicos por la venta de tubérculos de papa producidos, libre de virus, hongos y bacterias.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES.

- Con la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup> (20 x 20 cm), se obtuvo 1855 mini tubérculos semilla de papa/m<sup>2</sup>, peso entre (6 a 10 g) y un tamaño de (1,8 a 2,5 cm), siendo esta la densidad con el mayor rendimiento en cuanto a producción.
- Con la densidad de siembra de 12 plantas/m<sup>2</sup> se obtuvo 119 mini tubérculos/planta, seguido por la densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup>, con 108 mini tubérculos/planta y con la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup>, con 93 mini tubérculos/planta.
- Las fases fisiológicas de la variedad de papa superchola bajo el sistema aeropónico fueron: Inicio de floración 110 días, inicio de tuberización 126 días y senescencia 235 días.
- El follaje de las plantas se mantuvo durante 190 días, la floración 125 días, la tuberización 109 días y la senescencia 32 días.
- El sistema aeropónico adaptado en un invernadero de la granja experimental Yuyucocha funcionó exitosamente, en la obtención de mini tubérculos semilla de papa variedad superchola.
- El 84% de *vitro plantas* sobrevivieron al trasplante, en el sistema aeropónico.

## **RECOMENDACIONES.**

- Después de una capacitación especializada sobre la implementación y manejo del sistema aeropónico, promover a través de la Universidad Técnica del Norte y de los Institutos de Investigación a centros de educación superior, media, tecnológicos, empresas y organizaciones de agricultores dedicados a la producción de semillas.
- Plantear y ejecutar nuevas investigaciones de pre y posgrado, con diferentes temáticas sobre la aeroponía, y aplicar en los módulos aeropónicos.
- Realizar la producción de mini tubérculos de papa semilla mediante el sistema aeropónico con la densidad de siembra de 20 plantas/m<sup>2</sup> (20 x 20) cm.
- Continuar con el seguimiento de los mini tubérculos obtenidos en el sistema aeropónico en la producción de semilla básica, registrada y certificada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, H. (1997). *Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa*. Quito: INIAP.
- Cadena, S. y Enríquez, M. (11 de Julio de 2013). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Recuperado el Lunes 14 de Diciembre de 2015, de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2068>
- CIP. (18 de Enero de 1997). *Sistemas Informales de Semilla de Papa en los Andes: Por qué son importantes y que hacer con ellos?* Recuperado el 5 de Enero de 2015, de Sistemas Informales de Semilla de Papa en los Andes: Por qué son importantes y que hacer con ellos?:  
[https://books.google.com.ec/books?id=k\\_KKp92dOagC&pg=PA6&lpg=PA6&dq=la+produccion+de+semilla+en+el+sistema+formal+pasa&source=bl&ots=APtQth2z4E&sig=w4Nf6E6KLLTnu3oc-oHBkkfQx4U&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwinr8immpTKAhUMTCYKHeHCBEAQ6AEIGjAA#v=onepage&q=la%20p](https://books.google.com.ec/books?id=k_KKp92dOagC&pg=PA6&lpg=PA6&dq=la+produccion+de+semilla+en+el+sistema+formal+pasa&source=bl&ots=APtQth2z4E&sig=w4Nf6E6KLLTnu3oc-oHBkkfQx4U&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwinr8immpTKAhUMTCYKHeHCBEAQ6AEIGjAA#v=onepage&q=la%20p)
- CIP. (12 de Abril de 2010). *Media Clipping 2009 International Potato Center*. Recuperado el 5 de Enero de 2016, de Media Clipping 2009 International Potato Center:  
<https://books.google.com.ec/books?id=CEh0WwpwMLcC&pg=PA79&lpg=PA79&dq=cultivadas+mediante+aeroponia+crecen+libres+como+el+viento&source=bl&ots=jGGNjAYgL3&sig=fSN3NVy4CFK3C095bjsCBojq9q4&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjgls6EopTKAhWEXB4KHbH8DEwQ6AEIHTAA#v=onepag>
- Flores, et al. (3 de septiembre-diciembre de 2009). *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. Recuperado el 11 de Julio de 2014, de Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912186005>
- Hidalgo , O. (2012). Innovación para el desarrollo: Las estrategias y experiencias de papa andina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 198.
- Human, Z. (2008). *Descriptor morfológico de la papa (solanum tuberosum L)*. 08509 INT PAPA 2/10/08.
- Mateus, J., & Chuquillanquí, C. (2008). *Red Latinpapa ( Red Iberoamericana de Innovación en Mejoramiento y Diseminación de la papa)*. Recuperado el Sabado de Junio de 2014, de Red Latinpapa:  
<https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/redlatinpapa/Innovacion+Semillas>



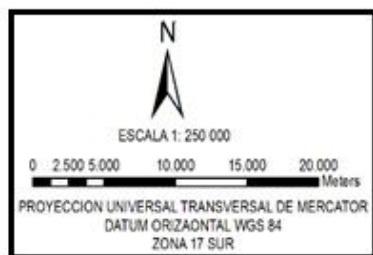
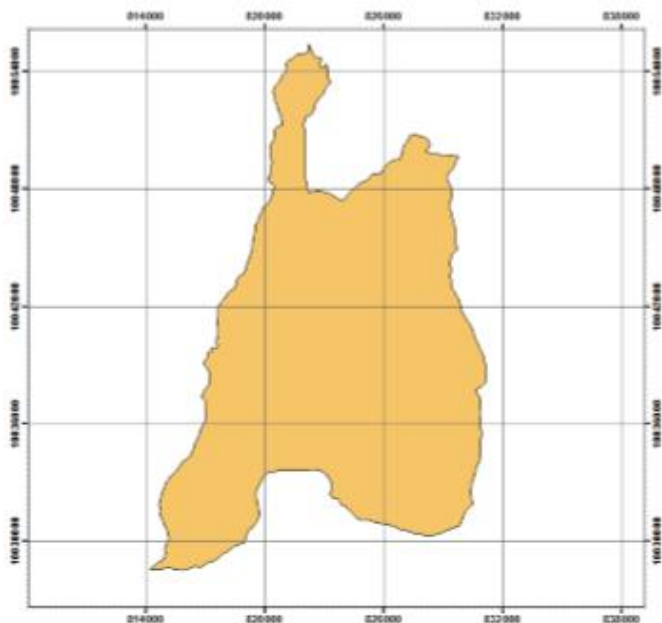
- Mateus, R. , J. (08 de julio de 2012). *Redepapa*. Recuperado el 07 de Junio de 2014, de Redepapa: <https://redepapa.org/2012/07/08/cuatro-nuevos-documentos-sobre-produccion-de-semilla-papa-por-aeroponia/>
- Montesdeoca, F. (mayo de 2005). *Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad*. Recuperado el 07 de junio de 2013, de Guia para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad.: [http://nmxms1019hxlxmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Guia\\_produccion\\_uso\\_semilla.pdf](http://nmxms1019hxlxmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Guia_produccion_uso_semilla.pdf)
- Otaquí, V. (2009). *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. Obtenido de Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía: <https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/27230705/Manual+Aeroponia.pdf>
- Otaquí, V. (2010). *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. 41.
- Ramírez, J. (28 de Agosto de 2013). *Monografías.com Producción de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) prebásica*. Recuperado el 07 de Junio de 2014, de Monografías.com Producción de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) prebásica: <http://www.monografias.com/trabajos89/produccion-semilla-papa-solanum-tuberosum/produccion-semilla-papa-solanum-tuberosum.shtml>
- Rodríguez, A. (30 de Octubre de 2001). *Producción de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) con ta técnica de cultivo de tejidos vegetales*. Recuperado el 6 de Enero de 2016, de Producción de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) con ta técnica de cultivo de tejidos vegetales.: [http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio1/Ponencia\\_05.pdf](http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio1/Ponencia_05.pdf)
- Torres, E. A. (Diciembre de 2011). *Centro Internacional de la Papa (CIP) Agricultural research for development*. Recuperado el 24 de Junio de 2014, de Centro Internacional de la Papa (CIP) Agricultural research for development: <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de%20tecnologias/variedades/>
- Uribe, F. (10 de Mayo de 2012). *US. Agriseeds*. Recuperado el 5 de Enero de 2015, de US. Agriseeds: <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/papas-producidas-por-aeroponia-i-preliminares/>
- Valdivieso, M. (2002). *Estudio de producción de tubérculos- semilla categoría prebásica de dos variedades de papa bajo diferentes sistemas de manejo*. Quito - Ecuador: INIAP Archivo Histórico.
- Velásquez, J. (1998). *El Sistema de Producción de Semillas de Papa en el INIAP*. Recuperado el 22 de Julio de 2014, de El Sistema de Producción de Semillas de Papa en el INIAP:

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fnxms1019hx1xmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com%2Fwp-content%2Fuploads%2Fcongreso%2520ecuatoriano%25202%2FPAPAOSJAVASQUEZ.doc&ei=4qXOU7y2AYH>

# ANEXOS

## Anexo 1. Ubicación del área de estudio

### MAPA BASE AREA DE UBICACIÓN DEL ESTUDIO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE			
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES			
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA			
TÍTULO:			
"INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPAY (Carica papaya L.) VARIEDAD SUPERIOR EN EL SISTEMA AGROPECUARIO, EN LA GRAMA EXPERIMENTAL ESTACION AGROPECUARIA - AMBAGUAS"			
AUTORES:		DIRECTOR:	
DIEGO RUON WILMER CAICEDO		ING. CARLOS CASTO	
CONTENIDO:			
MAPA DE UBICACIÓN			
ESCALA:	FUENTE:	ELABORACIÓN:	HOJA:
1:250.000	NUN	LOS AUTORES	1 DE 1



## Anexo 2. Análisis de agua



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

### Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS			
<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>		<b>DATOS DEL SITIO DE MUESTREO</b>	
Nombre:	Universidad Técnica del Norte	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Solicitante:	Ing. Carlos Cazco	Parroquia:	Yuyucocha
Fax:		Sitio:	Granja Yuyucocha
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>		<b>DATOS DEL LABORATORIO</b>	
Código:	Sin código	Nro. Reporte:	111 - 2014
Fecha:	28 de mayo de 2014	Tipo de Análisis:	SEMICOMPLETO
Color:	Incolora	Muestra:	Unica
Aspecto:	Transparente	Fecha de Ingreso:	28 de mayo de 2014
		Fecha de Reporte:	11 de junio 2014

Parámetros Químicos	Unidad	Valor	Método Aplicado
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	46,62	APHA 4500 Cl <sup>-</sup> B
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	63,63	APHA 2340 C
Hierro Total (Fe)	mg/l	0,03	HACH 8146
P - Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	mg/l	0,88	APHA 4500 P C
N - Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	mg/l	0,02	APHA 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	mg/l	65,69	APHA 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Sodio (Na)	mg/l	12,75	APHA 3111 B
Potasio (K)	mg/l	1,70	APHA 3111 B
Calcio (Ca)	mg/l	25,45	APHA 3111 B
Magnesio (Mg)	mg/l	16,00	APHA 3111 B
Manganeso (Mn)	mg/l	0,00	APHA 3111 B
Cinc (Zn)	mg/l	0,203	APHA 3111 B
Cobre (Cu)	mg/l	0,006	APHA 3111 B

*Nota: Los resultados pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas en el laboratorio.*

*[Firma manuscrita]*

Bloq. José Luis Moreno  
TECNICO DE LABORATORIO



#### ión Institucional

Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barrio El Olivo.  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext: 7711.  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

**Anexo 3.** Altura de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	173,83	199,66	185,83	157,5	716,82	179,20
<b>T2 (20x40)</b>	196	200	208	147,83	751,83	187,96
<b>T3 (30x40)</b>	175	174,5	205	146,66	701,16	175,29
<b><math>\Sigma</math></b>	544,83	574,16	598,83	451,99	<b>180,82</b>	
<b>X</b>	181,161	191,39	199,61	150,66		

**Anexo 4.** Días a la floración de plantas de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	100	122	107	113	452	113
<b>T2 (20x40)</b>	100	109	109	119	437	109,25
<b>T3 (30x40)</b>	86	112	120	122	440	110
<b><math>\Sigma</math></b>	296	343	336	354	<b>110,75</b>	
<b>X</b>	98,67	114,33	112	118		

**Anexo 5.** Días a la presencia de mini tubérculos de papa v-superchola, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	101	115	139	145	500	125
<b>T2 (20x40)</b>	115	115	129	145	500	126
<b>T3 (30x40)</b>	115	115	128	146	504	126
<b><math>\Sigma</math></b>	331	345	396	436	<b>125,67</b>	
<b>X</b>	110,33	115	132	145,33		

**Anexo 6.** Número de mini tubérculos de papa v-superchola por planta, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	126	71	75	99	371	92,75
<b>T2 (20x40)</b>	178	80	91	127	476	119
<b>T3 (30x40)</b>	128	88	84	129	429	107,25
<b><math>\Sigma</math></b>	432	239	250	355	<b>106,33</b>	
<b>X</b>	144	79,67	83,33	118,33		

**Anexo 7.** Número de mini tubérculos de papa v-superchola por superficie, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	2520	1420	1500	1980	7420	1855
<b>T2 (20x40)</b>	2136	960	1092	1524	5712	1428
<b>T3 (30x40)</b>	1280	880	840	1290	4290	1073
<b><math>\Sigma</math></b>	5936	3260	3432	4794	<b>1452</b>	
<b>X</b>	1979	1087	1144	1598		

**Anexo 8.** Rendimiento total de mini tubérculos/planta en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	0,42	0,24	0,26	0,40	1,32	0,33
<b>T2 (20x40)</b>	0,78	0,27	0,25	0,55	1,85	0,46
<b>T3 (30x40)</b>	0,53	0,30	0,29	0,60	1,72	0,43
<b><math>\Sigma</math></b>	1,73	0,81	0,80	1,55	<b>0,41</b>	
<b>X</b>	0,58	0,27	0,27	0,52		

**Anexo 9.** Rendimiento total de mini tubérculos/m<sup>2</sup> en kilogramos, en la evaluación del sistema aeropónico. Ibarra, 2015.

Tratamientos	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	$\Sigma$	X
<b>T1 (20x20)</b>	8,4	4,8	5,2	8	26,4	6,6
<b>T2 (20x40)</b>	9,36	3,24	3	6,6	22,2	5,55
<b>T3 (30x40)</b>	5,3	3	2,9	6	17,2	4,3
<b><math>\Sigma</math></b>	23,06	11,04	11,1	20,6	<b>5,48</b>	
<b>X</b>	7,68	3,68	3,7	6,86		



## FOTOGRAFIAS

### CAPACITACIONES

**Foto 1.** INIAP-Santa Catalina



**Foto 2.** CIP

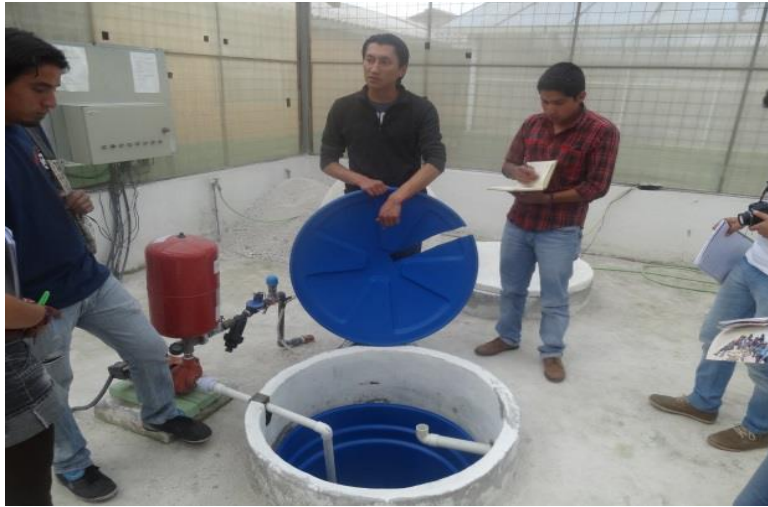


**Foto 3.** Manejo de sistema aeropónico





**Foto 4.** Manejo de sistema aeropónico



**Foto 5.** Ingreso al laboratorio – CIP

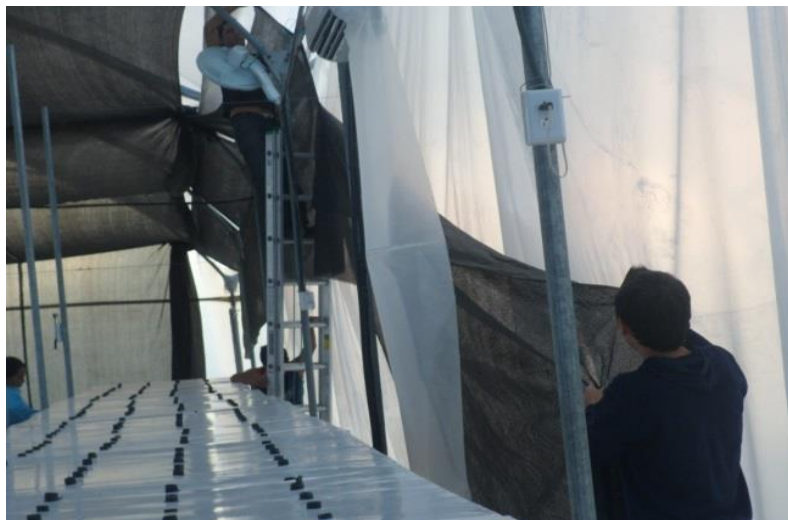


**Foto 6.** Lavado de vitro plantas – CIP



## INSTALACIONES Y ADECUACIONES EN EL INVERNADERO

**Foto 7.** Adecuación del invernadero



**Foto 8.** Instalación del saran



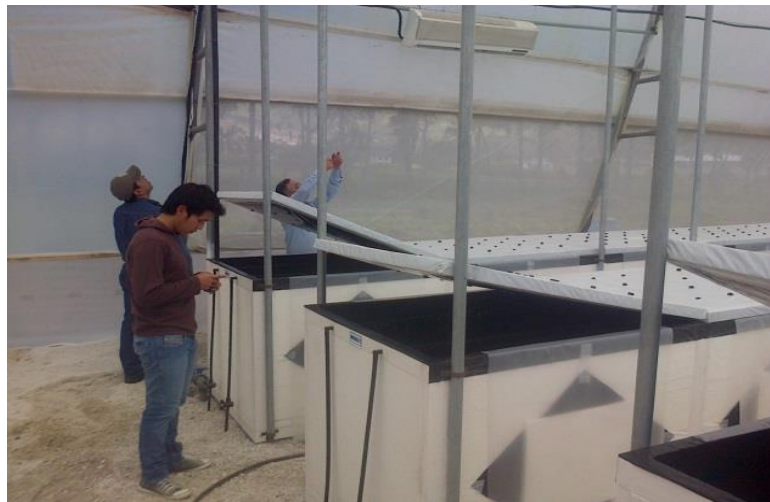
**Foto 9.** Instalación del sistema de riego



**Foto 10.** Pruebas del sistema de riego



**Foto 11.** Pruebas de aires acondicionados



**Foto 12.** Sincronización del timer





**Foto 13.** Limpieza de módulos aeropónicos



**Foto 14.** Control de temperatura



**Foto 15.** Riego para mantener la HR

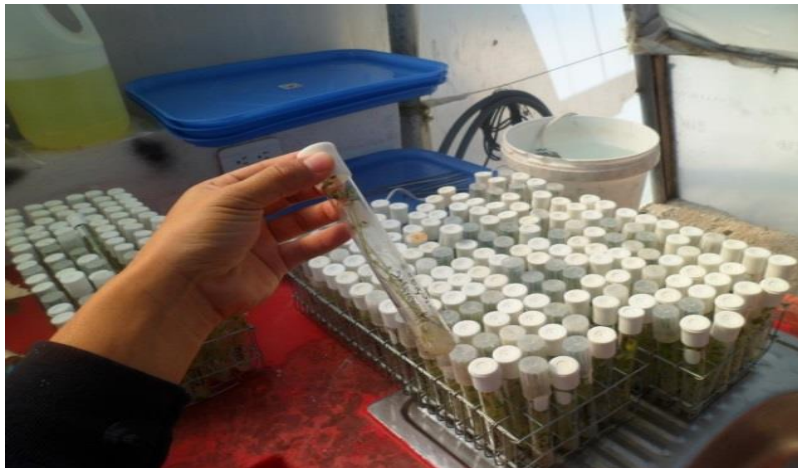


**Foto 16.** Desinfección del invernadero



## TRASPLANTE

**Foto 17.** Entrega de Vitro plantas



**Foto 18.** Lavado de Vitro plantas



**Foto 19.** Lavado de Vitro plantas



**Foto 20.** Lavado de Vitro plantas

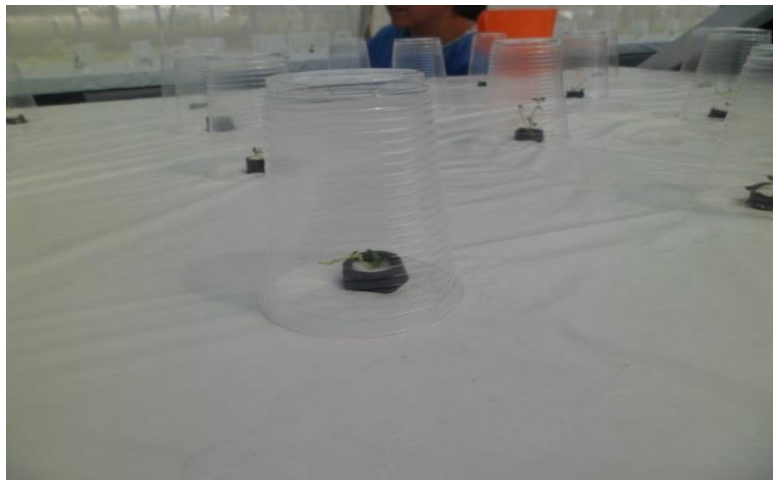


**Foto 21.** Trasplante de Vitro plantas





**Foto 22.** Vasos para micro clima



**Foto 23.** Trasplante de Vitro plantas



**Foto 24.** Trasplante de Vitro plantas



## PREPARACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

**Foto 25.** Preparación de solución inicial



**Foto 26.** Micro elementos



**Foto 27.** Macro elementos





**Foto 28.** Medición de pH



**Foto 29.** Control de presión



## PODA Y TUTORADO

**Foto 30.** Poda de Vitro plantas



**Foto 31.** Desinfección de materiales



**Foto 32.** Malla totora



**Foto 33.** Segundo piso de malla totora



**Foto 34.** Vitro plantas en estado de poda



**Foto 35.** Vitro plantas con segunda poda



**Foto 36.** Quinto piso de malla totora





## FLORACIÓN

**Foto 37.** Presencia de floración



**Foto 38.** Presencia de floración



**Foto 39.** Mayor número de plantas en Floración



**Foto 40.** Floración completa



## CONTROLES FITO SANITARIOS

**Foto 41.** Aplicación de insecticida



**Foto 42.** Desinfección de suelo y paredes





## TUBERIZACIÓN

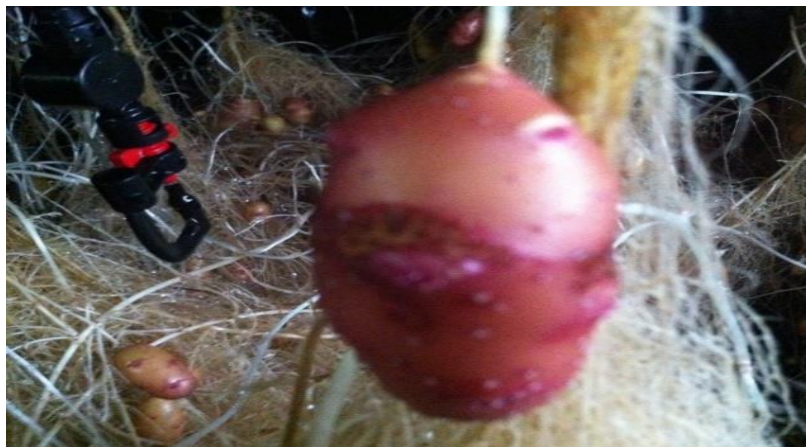
**Foto 43.** Presencia de tubérculos



**Foto 44.** Tuberización completa



**Foto 45.** Tubérculos listos para la cosecha



## COSECHA

**Foto 46.** Cosecha de tubérculos



**Foto 47.** Cosecha de densidades



**Foto 48.** Lavado y desinfección





## SENECENCIA DEL CULTIVO

**Foto 49.** Marchites del follaje



**Foto 50.** Fin de tuberización





## CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO

**Foto 51.** Clasificación de mini tubérculos



**Foto 52.** Clasificación por tamaño y peso



**Foto 53.** Almacenamiento en cuarto frío



**Foto 54.** Almacenamiento en canastos



## VISITAS Y CHARLAS

**Foto 55.** Visita del Dr. Bolívar Batallas (Decano) de la FICAYA.





Foto 56. Visita del CIP-INIAP



Foto 57. Visita del Diario “LIDER”



Foto 58. Visita del Diario “El Norte”



**Foto 59.** Charlas de aeroponía



**Foto 60.** Congreso de la Papa

